DIE NATURWISSENSCHAFTEN

22. Jahrgang | 10. August 1934 | Heft 32

Kant und der Flächensatz.

Von R. Emden, Zürich.

Die kosmogonischen Theorien von Kant und Laplace, häufig erwähnt, vermutlich aber nur selten im Originale nachgesehen, werden übereinstimmend verschieden beurteilt. Während bei Laplace die Kritik in der Regel respektvoll schweigt, ist es üblich geworden, bei Kant mit Steinen zu schmeißen. Als Beispiele aus jüngster Zeit seien einige Urteile hervorragendster Stellen angeführt. So lesen wir bei C. G. Darwin[1]: „Kant was a very great philosopher, but he was weak in dynamics, and his theorie failes from the very start, because he supposed that collisions between the particles of nebula could generate rotation in the solarsystem and this is contrary to the principle of angular momentum." Und bei J. H. Jeans[2]: „... Kant startet von it, but made the initial mistake of supposing that such a distribution of matter would acquire angular momentum with the mere passage of time. Laplace avoiding Kants error, postulatet that the initial nebulous mass should be in rotation ..."; ferner[3]: „in 1796 Laplace advanced similar ideas, but he developed in detail with a mathematical precision quite beyond the capacities of Kant." Schließlich sei noch H. Poincaré[4] angeführt: „La pensée de Kant, à laquelle aucun mathématicien ne se saurait se rallier, se comprend sans difficuté et il est aisé de voir quelle a été l'origine de l'erreur; dans une foule la police impose parfois un sens déterminé de circulation afin d'éviter les heurts et les encombrements. Kant imagine qu'il s'établit entre les particules en mouvement une sorte de police spontanée et automatique, par l'effet des chocs euxmêmes. Inutile d'ajouter que les affirmations de Kant sont en contradiction formelle avec le principe des aires." Ich weiß nicht, wer zuerst auf eine Verletzung des Flächensatzes, die übrigens für den wesentlichen Inhalt der Kantschen Kosmogonie gänzlich bedeutungslos wäre, aufmerksam machte. Zu zeigen, daß dieser Vorwurf meiner Ansicht nach unbegründet und sich mit dem gleichen Grade scheinbarer Berechtigung auch gegen Laplace erheben ließe, ist Zweck der folgenden Zeilen; für die Wertung der Theorien selbst sind sie belanglos.

[1] C. G. Darwin, The new conceptions of matter, S. 26. London 1931.

[2] J. H. Jeans, Astronomy and cosmogony, S. 345. Cambridge 1928.

[3] Sir James Jeans, The universe around us. S. 227. Cambridge 1929.

[4] H. Poincaré, Leçons sur les hypothèses cosmogoniques, S. 3. Paris 1911.

Erst einige Anmerkungen zur vielgerühmten Laplaceschen Theorie. Die ersten Gedanken über die Entstehung des Sonnensystems finden sich nur zerstreut in der ersten Ausgabe (1796) der mit Recht berühmten „Exposition du Système du Monde", eines Werkes, das in der Anlage vielfach an Humboldts Kosmos erinnert. Allein eine abgerundete, geschlossene Wiedergabe dieser Theorie ist erst der zweiten Ausgabe als „Note VII et Dernière" beigefügt. Es ist ein kurzer Aufsatz von $10^1/_2$ Druckseiten, der, wie das Hauptwerk, keine einzige mathematische Ableitung oder Formel enthält. Allein der Umstand, daß Laplace diese Ausführungen demselben lediglich als letzten Anhang beigegeben, läßt den Gedanken nicht von der Hand weisen, er habe dieselben weniger als grundlegende Hypothese denn als geistreichen Gedanken gewertet wissen wollen. Dieser Auffassung scheint auch Gauss[1] zu sein: „Im Allgemeinen würde ich gegen ... Phantasiespiele nachsichtig sein, und ihnen nur die Aufnahme in die wissenschaftliche Astronomie, die einen ganz anderen Charakter haben muß, nicht einräumen. Gehören doch auch Laplaces Cosmogenische Hypothesen in jene Klasse. Ja, ich leugne nicht, daß ich selbst mich zuweilen auf ähnliche Art amusiere, nur würde ich dergleichen nie publiciren."

Kants Schrift[2]

Allgemeine
Naturgeschichte
und
Theorie des Himmels
oder
Versuch
von der Verfassung und dem mechanischen
Ursprunge
des ganzen Weltgebäudes
nach
Newtonischen Grundsätzen
abgehandelt.

erschien, sicher schon früher entstanden, im Jahre 1755, im gleichen Jahre, in dem er sich als Privatdozent habilitierte (zu seinen Lehrfächern gehörten auch Mathematik und Physik), um nach 15jähriger Lehrtätigkeit eine ordentliche Professur für Logik und Metaphysik zu erhalten. Während Laplace in erster Linie die Entstehung des Sonnensystems behandelt, erstreckt sich die

[1] K. F. Gauss, Brief an Schumacher. Göttingen, 7. XI. 1847. (Briefwechsel Gauss-Schumacher 5, 394 (1863).

[2] Die folgenden Hinweise beziehen sich auf die vorzügliche Ausgabe von K. Kehrbach in Reclams Universalbibliothek, Leipzig.

KANTsche Betrachtung auf die Gesamtheit der damals bekannten Himmelsobjekte. Die Sonne ist ein Fixstern, die Fixsterne, entgegen ihrem Namen, langsam wandelnde Sonnen. Es wird der Begriff eines Systems eingeführt (S. 32): „Wenn daher eine gewisse Anzahl von Himmelskörpern, die um einen gemeinsamen Mittelpunkt geordnet sind und sich um selbigen bewegen, zugleich auf eine gewisse Fläche so beschränkt werden, daß sie von selbiger zu beiden Seiten nur so wenig als möglich abzuweichen die Freiheit haben ... so sage ich, diese Körper befinden sich in einer systematischen Verfassung zusammen verbunden." Ein solches System ist unser Planetensystem im kleinen, unser Fixsternsystem im großen. Klar wird zum ersten Male der Bau unseres Fixsternsystems erkannt (S. 35). „... Dieser lichte Streifen wird in Richtung eines größten Zirkels vor sich gehen, weil der Standpunkt des Zuschauers in der Fläche selber ist. In dieser Zone wird es von Sternen wimmeln, welche durch die nicht zu unterscheidende Kleinigkeit der hellen Punkte einen einförmig weißlichen Schimmer, mit einem Worte eine Milchstraße vorstellig machen. Das übrige Himmelsheer, dessen Beziehung gegen die gezogene Fläche sich nach und nach vermindert, oder welches sich dem Stande des Beobachters näher befindet, wird mehr zerstreuet, wiewohl doch, ihrer Häufigkeit nach, auf eben diesen Plan beziehend gesehen werden. Endlich folget hieraus, daß unsere Sonnenwelt, weil von ihr aus dieses System der Fixsterne in der Richtung eines größten Zirkels gesehen wird, mit in eben derselben großen Fläche befindlich sei, und mit den übrigen ein System ausmache."

Die Sonne ist ein Fixstern unter Millionen ihresgleichen; trifft eine solche Verallgemeinerung auch für das System der Milchstraße zu? Die Antwort lautet (S. 40): „Wenn ein System von Fixsternen, welche in ihren Lagen sich auf eine gemeinschaftliche Fläche beziehen, so wie wir von der Milchstraße entworfen haben, so weit von uns entfernet ist, daß alle Kenntlichkeit der einzelnen Sterne, daraus es bestehet, sogar dem Sehrohre nicht mehr empfindlich ist: wenn seine Entfernung zu der Entfernung der Sterne der Milchstraße eben das Verhältniß, als diese zum Abstand der Sonne von uns hat; kurz, wenn eine solche Welt von Fixsternen in einem so unermeßlichen Abstande von dem Auge des Beobachters, das sich außerhalb desselben befindet, angeschauet wird, so wird dieselbe unter einem kleinen Winkel als ein mit schwachem Lichte erleuchtetes Räumchen erscheinen, dessen Figur zirkelrund sein wird, wenn seine Fläche sich dem Auge geradezu darbietet und elliptisch, wenn es von der Seite gesehen wird ..." Und weiter (S. 175): „Aus diesem Begriffe, der, wie mich dünkt, die größeste Wahrscheinlichkeit hat, läßt sich vermuthen, daß, wenn es mehrere solche höhere Weltordnungen giebt, als diejenige, dazu unsere Sonne gehört, und die dem, der in ihr seinen Stand hat, die Erscheinung der Milchstraße verschaffet, in der Tiefe des Himmelsraumes einige derselben wie blasse schimmernde Plätze werden zu sehen sein, und wenn der Beziehungsplan einer solchen anderen Zusammenordnung der Fixsterne schief gegen uns gestellt ist, wie elliptische Figuren erscheinen werden, die in kleinem Raum aus großer Weite ein Sonnensystem wie das von unserer Milchstraße ist, darstellen. Und dergleichen Plätzchen hat wirklich die Astronomie schon vorlängst entdeckt, obgleich die Meinung, die man sich davon gemacht hat, sehr verschieden ist, wie man in des Herrn VON MAUPERTUIS Buch von der Figur der Sterne sehen kann."

Das SHAPLEYsche Bild der „Island Universes" steht also bereits klar vor KANTS Augen.

Weiter stellt KANT die Frage: Die NEWTONsche Anziehungskraft reicht, obwohl abnehmend, bis in beliebige Weiten; müßte deshalb durch gegenseitige Anziehung seiner Sonnen ein Milchstraßensystem nicht in sich selbst zusammenstürzen? Die Antwort findet sich Seite 36: „So haben denn alle Sonnen des Firmamentes Umlaufsbewegungen, entweder um einen allgemeinen Mittelpunkt oder um viele. Man kann sich aber allhier der Analogie bedienen, dessen, was bei den Kreisläufen unserer Sonnenwelt bemerket wird: daß nämlich, gleichwie eben dieselbe Ursache, die den Planeten die Centerfliehkraft, durch die sie ihre Umläufe verrichten, ertheilet hat, ihre Laufkreise auch so gerichtet: daß sie sich alle auf eine Fläche beziehen, also auch die Ursache, welche es auch immer sein mag, die Sonnen der Oberwelt, als so viel Wandelsternen höherer Weltordnungen die Kraft der Umwendung gegeben, ihre Kreise so viel wie möglich auf eine Fläche gebracht, und die Abweichungen von derselben einzuschränken bestrebt gewesen."

Das moderne Problem der Rotation der Milchstraße ist also bereits von KANT in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen worden.

Und nun zum Vorwurf der Verletzung des Flächensatzes. Es sei nochmals betont, daß sich die Naturgeschichte des Himmels mit der Entstehung aller himmlischen Gebilde befaßt. Der ganze Raum war erfüllt mit Materie, aufgelöst in ihre Grundstoffe. (Wir würden heute sagen, in vollständig dissoziierte oder ionisierte Materie.) Diese trat an gewissen ausgezeichneten Punkten zu chemischen Verbindungen zusammen und konzentrierte sich hier weiter zu Sonnen, evtl. begleitet vom Planeten. Und nun folgt die inkriminierte Stelle (S. 53): „... Durch diese Zurückstoßungskräfte, die sich in der Elasticität der Dünste, dem Ausflusse stark riechender Körper und der Ausbreitung aller geistigen Materien offenbaret, und die ein unstreitiges Phänomen der Natur ist, werden die zu ihren Anziehungspunkte sinkenden Elemente durcheinander von der geradlinigen Bewegung seitwärts gelenket, und der senkrechte Fall schlägt in Kreisbewegungen aus, die den Mittelpunkt der Senkung umfassen." Würde nur ein

einzelnes sich bildendes Sonnensystem vorliegen, wie bei LAPLACE, so läge eine offensichtliche Verletzung des Flächensatzes vor. Allein KANT fährt ausdrücklich fort: „Wir wollen, um die Bildung des Weltbaues deutlich zu begreifen, unsere Betrachtung vom unendlichen Inbegriffe der Natur auf ein besonderes System einschränken, so wie dieses zu unserer Sonne gehörige ist." Dies ändert die Sachlage vollständig. Denn es kann unmöglich so vollständige anfängliche Symmetrie vorliegen, daß bei keiner der Milliarden sich bildender Sonnen Rotationsbewegung auftritt. Bei vollständiger anfänglicher Symmetrie gäbe es auch keine ausgezeichneten Stellen, an denen sich die Materie ansammelt. Von einer Verletzung des Flächensatzes kann nicht mehr gesprochen werden, Voraussetzung ist nur, wie KANT wohl als selbstverständlich annahm, daß in den vielen sich bildenden Systemen rechts- und linksherum sich ausgleichen.

Diese gleichen Anmerkungen gelten, wie schon eingangs bemerkt, auch bei LAPLACE. Da heißt es, bei einer kurzen Bemerkung über Sterngruppen (6. Auflage, S. 466): „Ces groupes sont un résultat néçessaire de la condensation nébouleuse à plusieurs noyaux; car il est visible que la matière nebouleuse étant sans cesse attirée par ces noyaux diverses; ils doivent former à la longue, un groupe d'étoiles, pareils à çelui des Pléjades. La condensation des nébouleuses à deux noyaux, formera semblablement des étoiles très rapprochées, tournant l'une autour de l'autre, telles que les étoiles doubles dont on à deja reconnu les mouvements respectifs." Was bei Bildung eines isolierten Doppelsternes Anlaß zu berechtigtem Einwand geben würde, fällt bei Betrachtung zahlreicher Individuen weg.

Daß KANT den Flächensatz genau kannte und mit ihm glänzend zu operieren wußte, zeigt sich in einer früher erschienenen Arbeit vom Jahre 1754:

Untersuchung der Frage
ob
die Erde bei ihrer Umdrehung um die Achse
wodurch sie
die Abwechselung des Tages und der Nacht hervorbringt
einige Veränderung seit den ersten Zeiten ihres
Ursprunges erlitten habe, welches die
Ursache derselben sei
und
woraus man sich ihrer versichern könnte?
welche
von der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin
zum Preise
für das jetztlaufende Jahr aufgegeben worden.
1754.

Wir lesen (KANTS Werke, Ausgabe von J. H. v. KIRCHMANN, Bd. VII, S. 257): Die Erde wälzt sich unaufhörlich um ihre Achse, mit einer freien Bewegung, die, nachdem sie ihr einmal zugleich mit ihrer Bildung eingedrückt worden, fortan unverändert und mit gleicher Geschwindigkeit und Richtung in alle unendliche Zeiten fortdauern würde, wenn keine Hindernisse oder äußere Ursachen vorhanden wären, sie zu verzögern oder zu beschleunigen." Als verzögernde Ursache wird eingehend die Flutreibung erläutert, deren Wirkung abzuschätzen versucht und geschlossen: „Wenn die Erde sich dem Stillstand ihrer Umdrehung mit stetigen Schritten nähert, so wird die Periode dieser Veränderung alsdann vollendet sein, wenn ihre Oberfläche in Ansehung des Mondes in respektiver Ruhe sein wird, d. i. wenn sie sich in derselben Zeit um die Achse drehen wird, darin der Mond um sie läuft, folglich ihm immer dieselbe Seite zukehren wird." Daß KANT die Priorität dieses Satzes zukommt, dürfte nicht zweifelhaft sein[1].

Noch eine Anmerkung allgemeiner Art. Ich habe oben bei der Rechtfertigung KANTS den etwas schlampigen Ausdruck gebraucht, daß linksherum und rechtsherum sich ausgleichen; liegt doch der strenge Ausdruck nahe, daß die Summe von + und − Rotationsmomenten = 0 sei. Aber gegen welches Koordinatensystem soll bei Betrachtung des ganzen Universums eine Rotation gemessen werden? Hier tritt ein bekannter Mangel der NEWTONschen Mechanik deutlich in Erscheinung. Wir können bei Behandlung des Kreiselkompasses, der Rotation der Erde, der Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne, der Rotation der Milchstraße, so immer höher aufsteigend, jeweils ein Koordinatensystem einführen, das den Bedürfnissen des vorliegenden Falles in praxi genügt, ohne uns auf dessen prinzipielle Definition einlassen zu müssen. Wir schieben, um einen EDDINGTONschen Ausdruck zu gebrauchen, die Bezahlung einer Schuld immer weiter hinaus. Hier aber, wo es sich um die Schöpfungsgeschichte des ganzen Universums handelt, müssen wir uns zahlungsunfähig erklären. Das gleiche gilt für Einführung eines beschleunigungsfreien Systems. Den Bedürfnissen eines Einzelfalles können wir in praxi genügen, bei Betrachtung des Ganzen müssen wir uns wieder bankerott erklären. Die NEWTONsche Mechanik ist (bei nicht zu großen Geschwindigkeiten) eine wundervolle Rechenregel in allen Fällen, in denen sie angewandt werden kann, sie gibt aber, und das ist ihr untilgbarer Mangel, keinen Aufschluß darüber, in welchen Fällen sie angewandt werden darf. Sie läßt uns im Stiche bei Behandlung des ganz Großen; ob sie auch im ganz Kleinen versagt, darüber werden wohl die nächsten Jahre physikalischer Forschung Aufschluß geben. Im Gegensatz zu NEWTON löst die Relativitätstheorie das Koordinatenproblem im Prinzip, in praxi aber nur dann, wenn ein mathematischer Hexenmeister über vollkommene Kenntnis der Massen und Energien verfügen könnte.

[1] Vgl. G. H. DARWIN-S. S. HOUGH, Artikel Bewegung der Hydrosphäre, Nr 41, Band Geophysik der Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften. Leipzig 1906—1925.

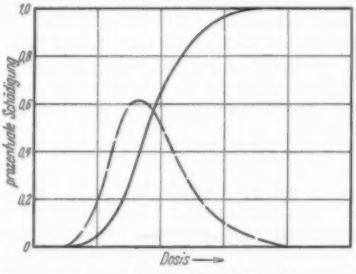
Der photobiologische Wirkungsmechanismus der Röntgenstrahlen.

Von H. SCHREIBER, Berlin.
(Aus dem Institut für Strahlenforschung der Universität.)

Charakteristisch für die Wechselbeziehungen zwischen Röntgenstrahlen und lebendem Gewebe ist die zellschädigende Wirkung der Strahlen. Jedes biologische Objekt kann, wie die Erfahrung zeigt, durch eine genügend lang andauernde Bestrahlung zum Absterben gebracht werden. Der Erfolg, den der Strahlentherapeut nach seiner Behandlung sieht, setzt sich aus 2 Faktoren zusammen: dem unmittelbaren Angriff der Strahlung an der einzelnen Zelle und der Allgemeinwirkung der Bestrahlung im Organismus. Letztere besteht, wie heute von vielen Seiten angenommen wird, darin, daß unter der Einwirkung der Strahlen toxisch wirkende Substanzen entstehen. Welcher Art diese toxischen Substanzen sind, ist eine noch offene Frage. Außerordentlich viel spricht dafür, daß es Zellabbauprodukte sind, die — in die Blutbahn gelangend — für die Allgemeinwirkungen im Organismus und höchstwahrscheinlich auch für einen Teil der örtlichen Wirkungen verantwortlich zu machen sind.

Der primäre Strahleninsult, den die Einzelzelle erleidet, ist nicht direkt beobachtbar. Die sich offenbarende Strahlenschädigung ist vielmehr stets an den normalen Ablauf des Stoff- und Formwechsels der Zelle gebunden, der seinerseits in höchstem Grade vom Gesamtorganismus abhängig ist. Bei höheren Organismen wird er in erster Linie vom Blutkreislauf bestimmt. Die sichtbar werdenden Zellreaktionen bestehen darin, daß der normale Ablauf der Mitose gestört wird und demzufolge Mißbildungen auftreten, daß die Teilungsfähigkeit ganz verloren geht, und endlich daß alle spontanen Bewegungen, wie z. B. die Granulabewegungen des Zellinneren vollkommen aufhören und durch die ungeordnete BROWNsche Molekularbewegung der toten Zellsubstanz ersetzt werden. Diese Zellreaktionen können auch bei anderen Reizen, so etwa als Folge einer Erhitzung, beobachtet werden; ein großer Teil von ihnen tritt sogar beim normalen Altern der Zellen auf. Es liegt dies daran, daß einer Zelle eben nur eine beschränkte Zahl von Möglichkeiten gegeben ist, auf einen empfangenen Reiz zu reagieren. Die Strahlenreaktion scheint also eine ganz allgemeine und unspezifische Form der Einwirkung auf die Zelle darzustellen. Es ist deshalb von großer Wichtigkeit, etwaige Besonderheiten aufzudecken. Sind doch die erzielbaren Fortschritte in der allgemeinen Strahlentherapie nicht zuletzt eng verknüpft mit der fortschreitenden Erkenntnis des Wesens und des Mechanismus der biologischen Strahlenwirkung.

Die destruktive Wirkung der Röntgenstrahlen auf lebendes Gewebe wurde schon in der Frühzeit der biologischen Strahlenforschung erkannt. Die erste, allgemein vertretene Vorstellung von dem Wesen der Strahlenschädigung bestand in der Annahme, daß in einem gleichmäßig bestrahlten Bezirk gleichartiger Zellen alle Zellen auch gleichmäßig beeinflußt werden. Dies bedeutet, daß nach einer gewissen Bestrahlungszeit der Schädigungsgrad aller Zellen der gleiche sein müßte. Mit dieser Vorstellung unvereinbar zeigten sich jedoch bald die Beobachtungen verschiedener Autoren, die in größeren bestrahlten Komplexen auch dann noch völlig ungeschädigte Zellen vorfanden, wenn die Mehrzahl bereits völlig zerstört war. Auch bei Bestrahlung von Einzelindividuen zeigte sich, daß es einerseits außerordentlich massiver Strahlendosen bedarf, um alle Individuen einer Population abzutöten, und daß andererseits auch schon ganz geringe Dosen zum Tode einiger, wenn auch weniger, Individuen führen. Stellt man diese experimentellen Befunde kurvenmäßig dar, indem man als Abszisse die verabreichte Dosis, als Ordinate die bei der betr. Strahlendosis gefundene prozentuale Schädigung wählt, so erhält man die sog. Strahlenschädigungskurve. Als Erklärung für sie lag es nahe, die fluktuierende Variabilität des biologischen Materials heranzuziehen. Demnach sollte für das Zustandekommen der Schädigungskurve allein und nur die verschiedene Strahlensensibilität der Einzelindividuen verantwortlich sein. Die Variabilitätskurve kann man aus der Schädigungskurve dadurch erhalten, daß man sie differenziert. Jeder



Schädigungs- (———) und Variabilitätskurve (— — —). (Nach GLOCKER.)

Punkt der so gezeichneten Kurve bedeutet also den Prozentsatz der Individuen, der gerade durch die zugehörige Dosis geschädigt wird. Die Strahlenempfindlichkeit der Einzelindividuen ist im Sinne der biologischen Interpretation demnach nach Maßgabe dieser Differentialkurve verteilt. Manche Autoren meinten zwar, daß die Asymmetrie der Kurve für das Mitwirken eines anderen nichtbiologischen Faktors sprechen würde. Offensichtlich ist diese Ansicht jedoch unberechtigt, denn die Annahmen über die Verteilung der Strahlenempfindlichkeit sind an keinerlei Voraussetzungen gebunden, und es ist sehr wohl mög-

lich, auch eine asymmetrische Verteilung anzunehmen.

Die Ansichten der Autoren, die die Schädigungskurve auf die biologische Inhomogenität des bestrahlten Materials zurückführten, schienen durch Versuche HOLTHUSENS an Askariseiern bestätigt zu werden. HOLTHUSEN ging von der Überlegung aus, daß die Kurvenform sich bei Anwendung verschiedener Wellenlängen nicht ändern dürfe, weil die fluktuierende Variabilität der Einzelindividuen bei gegebenem Material konstant sein muß. Er fand bei Askariseiern in einem sehr weiten Wellenlängenbereich in Bestätigung seiner Theorie auch keine Beeinflussung der Steilheit der Schädigungskurve durch die Wellenlänge. Diesen Befunden standen Versuche von anderer Seite entgegen, in denen bei anderen Objekten eine Wellenlängenabhängigkeit der Kurve gefunden worden war. HOLTHUSEN konnte jedoch hinsichtlich dieser scheinbar widersprechenden Resultate mit Recht darauf hinweisen, daß die Schädigungskurve durch den von FRIEDRICH und KRÖNIG erstmalig aufgezeigten Einfluß des Zeitfaktors verzerrt werden kann. Man hatte nämlich diesen Punkt bis dahin nicht gebührend berücksichtigt und mit der Wellenlänge zugleich auch die Intensität der applizierten Strahlung, meistens dazu in nachträglich nicht kontrollierbarer Weise, variiert.

Der biologischen Interpretation der Schädigungskurve steht gegenüber die physikalische. Anstatt der fluktuierenden Variabilität des biologischen Materials wurde zuerst von DESSAUER und etwas später, unabhängig davon, auch von anderen Autoren die Quantennatur der auffallenden Röntgenstrahlung als Ursache für die Form der Schädigungskurve in Anspruch genommen. Ausgehend von den diskontinuierlich verteilten Absorptionsereignissen wird dabei die fluktuierende Variabilität der Individuen ersetzt durch die Wahrscheinlichkeit, daß eine bestimmte Anzahl der bestrahlten biologischen Einheiten die zu ihrer Schädigung erforderliche Trefferzahl erreicht. In der Folgezeit beschäftigten sich mehrfach verschiedene Autoren damit, auf Grund von Versuchen und weiterem Ausbau bzw. anderer Deutung der erstmalig von BLAU und ALTENBURGER gegebenen mathematisch-theoretischen Darstellung eine Entscheidung zwischen der biologischen und der physikalischen Auffassung zu suchen. Vielfach wurde dabei übersehen, daß die formalen Grundlagen zu der mathematischen Interpretation der experimentellen Kurve so allgemein gehalten sind, daß diese Entscheidung auf Grund einer einzigen Kurve prinzipiell unmöglich ist.

Die der Gleichung der Strahlenschädigungskurve zugrunde liegende Annahme besteht darin, daß die Abnahme der zur Zeit t noch nicht getroffenen biologischen Einheiten m_{r0} proportional gesetzt wird ihrer Absolutzahl zur Zeit t:

$$\frac{dm_{r0}}{dt} = -\sigma m_{r0}.$$

Unter der selbstverständlichen Voraussetzung, daß zur Zeit $t = 0$, d. h. also bei Beginn der Bestrahlung noch keine Einheit wirksam getroffen ist, erhält man als Lösung dieser Gleichung

$$m_{r0} = m_0 \cdot e^{-\sigma t}.$$

Hierbei bedeutet m_0 die in der Volumeneinheit befindliche Gesamtzahl der biologischen Einheiten, die als gleichmäßig verteilt und auch als gleich empfindlich angenommen werden.

Die Zahl der *mindestens* einmal getroffenen Einheiten m_1 ist offensichtlich gleich der Differenz zwischen der Gesamtzahl m_0 und den noch nicht getroffenen Einheiten m_{r0}

$$m_1 = m_0 - m_{r0} = m_0 \cdot (1 - e^{-\sigma t}).$$

Die Abnahme der zur Zeit t *gerade* einmal getroffenen Einheiten m_{r1} ist — ähnlich wie vorhin — proportional der Differenz aus ihrer Anzahl und der Zahl der noch nicht getroffenen Einheiten.

$$\frac{dm_{r1}}{dt} = -\sigma \cdot (m_{r1} - m_{r0}).$$

Das erste Glied der Differenz ist hierbei darauf zurückzuführen, daß unter der Einwirkung der Bestrahlung sich die Zahl der m_{r1}-Einheiten vermindert, da aus ihnen neue m_{r2}-Einheiten entstehen. Das zweite Glied kommt dadurch zustande, daß sich die Zahl der m_{r1}-Einheiten vergrößert, weil aus m_{r0}-Teilchen neue m_{r1}-Teilchen gebildet werden.

Die letzte Beziehung stellt eine einfache Differentialgleichung erster Ordnung ersten Grades dar, deren Lösung man durch Substitution leicht findet zu

$$m_{r1} = m_0 \cdot \sigma t \cdot e^{-\sigma t}.$$

Die Zahl der *mindestens* 2 mal getroffenen Teilchen m_2 ist weiterhin gegeben durch die Differenz der *mindestens* und der *gerade* einmal getroffenen Teilchen.

$$m_2 = m_1 - m_{r1} = m_0 - m_0 \cdot e^{-\sigma t}(1 + \sigma t).$$

Man kann die Rechnung weiter fortsetzen und gelangt so schließlich zu der endgültigen Gleichung der Strahlenschädigungskurve.

$$\frac{m_n}{m_0} = 1 - e^{-\sigma t}\left(1 + \sigma t + \frac{(\sigma t)^2}{2!} + \ldots + \frac{(\sigma t)^{n-1}}{(n-1)!}\right).$$

m_n bedeutet dabei — analog den vorhin gebrauchten Bezeichnungen — die Zahl der geschädigten Teilchen, die *mindestens* n mal getroffen sind. Die Bestrahlungszeit t kann man, was offenbar auf dasselbe herauskommt, durch den Begriff der Strahlendosis ersetzen; die Bedeutung von σ, das vorhin lediglich als Proportionalitätsfaktor eingeführt wurde, soll vorläufig noch offenbleiben.

Man kann, indem man die Größen n und σ verändert, eine so berechnete Kurve mit einer experimentell gefundenen Schädigungskurve mehr oder weniger gut in Übereinstimmung bringen und erhält damit die kritische Trefferzahl n, die eine Schädigung eines Teilchens hervorruft. Im

allgemeinen wird die Übereinstimmung jedoch nicht so gut sein, daß sich beide Kurven zur Deckung bringen lassen. Dies ist auch verständlich, denn in der bisherigen Ableitung ist ja die biologische Inhomogenität des bestrahlten Materials nirgends berücksichtigt worden. Man kann dies, wie MEISSNER gezeigt hat, tun, indem man einen Faktor ε_k einführt, durch den der verschiedenen Strahlensensibilität der biologischen Einheiten Rechnung getragen wird. Es bedeutet dann $\varepsilon_k \cdot m_0$ die Zahl der Individuen, die *gerade* bei k Treffern zugrunde gehen. Es ist dabei weiterhin

$$\varepsilon_0 + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \ldots\ldots = 1 .$$

Die Zahl der Teilchen m_n, die bei *mindestens* n Treffern geschädigt werden, setzt sich zusammen aus der Zahl der Teilchen, die bei 0, 1, 2, ... Treffern zugrundegehen. Kleidet man diese Aussage in eine mathematische Form, so erhält man

$$m_n = m_0\varepsilon_0 + m_{r1}(\varepsilon_0 + \varepsilon_1) + m_{r2}(\varepsilon_0 + \varepsilon_1 + \varepsilon_2) + \ldots\ldots$$

Durch Einsetzen der vorhin angegebenen Werte und Umformung erhält man die endgültige Beziehung, die sowohl die physikalischen als auch die biologischen Faktoren berücksichtigt:

$$m_n = m_0 \cdot e^{-\sigma t} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\sigma t)^i}{i!} \sum_{k=0}^{i} \varepsilon_k .$$

Annahmen über die Verteilung der Strahlensensibilität sind hierbei noch nicht gemacht worden. Abgesehen von etwaigen mathematischen Schwierigkeiten, ist es im Prinzip möglich, sie so zu wählen, daß die berechnete Kurve mit der experimentell bestimmten genau zur Deckung gebracht werden kann.

Es erhebt sich nun die Frage, ob und welche Prüfungsmöglichkeiten es gibt, um die Zulässigkeit und Richtigkeit der physikalischen Annahmen sicherzustellen, die den Gleichungen zugrunde liegen. Der spezielle physikalisch-biologische Inhalt wird den Formeln, die auch auf andere Vorgänge anwendbar sind, erst durch entsprechende Annahmen über σ, n und t gegeben. Die hier möglichen Annahmen hängen eng zusammen mit der Definition des Treffereignisses, das zur Schädigung der biologischen Einheit führt. Wir haben hiermit die eigentliche Kardinalfrage des ganzen Problems berührt, die Auffindung des Primärgeschehens bei der Einwirkung von Röntgenstrahlen auf lebendes Gewebe. Es würde zu weit führen, hier auf alle Ansichten einzugehen, die im Verlaufe der Forschung je geäußert worden sind und die, obwohl sie mehr oder weniger gut fundiert waren, heute entweder aufgegeben oder durch eine vertiefte Auffassung ersetzt sind. Der gegenwärtige Stand der Forschung ist durch Untersuchungen von GLOCKER gegeben, der an Hand von Versuchen einen schlüssigen Beweis für das Mitwirken des physikalischen Faktors bei der biologischen Röntgenstrahlenwirkung erbringen konnte.

Frühere Ergebnisse hatten gezeigt, daß für die Wellenlängenabhängigkeit der physikalischen und chemischen Wirkungen der Röntgenstrahlen der in Photo- und Compton-Elektronenenergie verwandelte Bruchteil der auffallenden Röntgenenergie maßgebend ist. Als Treffer in einem Volumen v definiert nun GLOCKER die Zahl der Elektronenbahnen, die das Volumen insgesamt durchsetzen. Diese Bahnen können herrühren von Photo- und Comptonelektronen, die *innerhalb* von v erzeugt werden, oder solchen, die von *außen* eintreten. Das Volumen v bedeutet dabei den zu dem Begriff des Treffers zugehörigen Treffbereich, die strahlenempfindliche Zone der biologischen Einheit.

Mit diesen Definitionen wird nun über die Größen σ, n und t der Formeln verfügt. n bedeutet die eben charakterisierte, zu t gehörige Trefferzahl innerhalb des strahlenempfindlichen Volumens; t die Strahlendosis, die gewöhnlich in r-Einheiten gemessen wird, und σ die Treffwahrscheinlichkeit der empfindlichen Zone. Sie ist durch die Zahl N der Treffer gegeben, die die Dosis 1 im Volumen v erzeugt. Die Trefferzahl N besteht, wie eben auseinandergesetzt wurde, aus den in bezug auf das Volumen v innen und außen entstandenen wirksamen Ereignissen, die mit N_i und N_a bezeichnet werden sollen.

$$\sigma = N = N_i + N_a .$$

Durch eine komplizierte und langwierige Rechnung, die hier anzuführen unmöglich ist, läßt sich nun zeigen, daß die Treffwahrscheinlichkeit σ folgender Gleichung genügt:

$$\sigma = N_0 \frac{R + a}{a} v .$$

Hierbei bedeutet N_0 die Zahl der Elektronen, die in der Volumeneinheit (1 ccm) von der Dosis 1 erzeugt werden, R deren wahre Reichweite und a deren mittlere Weglänge innerhalb des strahlenempfindlichen Volumens v.

Es spricht für die Zulässigkeit dieses Ansatzes zur Berücksichtigung der Elektronenreichweite, daß es GLOCKER gelang, in Fällen, in denen die früheren theoretischen Ansätze versagt hatten, ein mit der Erwartung übereinstimmendes Resultat zu erhalten. Einen solchen Fall stellen die Bakterienversuche von WYCKOFF dar, der im Wellenlängenbereich von etwa 0,5 bis 4 Å die Strahlenempfindlichkeit von Bakterien untersuchte. Während WYCKOFF bei Berechnung des strahlenempfindlichen Volumens v Werte erhielt, die sich in dem untersuchten Spektralbereich wie 1 : 16 änderten, ergab sich bei Berücksichtigung der Elektronenreichweite das Volumen v als konstant. Dies stimmt mit der Auffassung überein, daß der sensible Teil des Bakterienvolumens sich als biologische Größe, unabhängig von der Wellenlänge, erweisen muß.

Eine weitere Prüfungsmöglichkeit für die Berechtigung der GLOCKERschen Auffassung bietet sich in der durch die zuletzt angeführte Beziehung

gegebenen Möglichkeit, den Einfluß einer Veränderung der Strahlenqualität auf die Schädigungskurve auch theoretisch überblicken zu können. Bei der Besprechung der rein biologischen Auffassung war anfangs schon erwähnt worden, daß je nach dem verwendeten biologischen Objekt bei einer Veränderung der Wellenlänge sich die Steilheit der Kurve ändert oder konstant bleibt. Es müssen — mit anderen Worten — 2 Fälle unterschieden werden: einmal ist die Mindesttrefferzahl n unabhängig von der Wellenlänge konstant, und einmal ist sie eine Funktion von λ.

Wir müssen, um weiterzukommen, noch einmal auf die Schädigungskurve zurückgehen. Sie besitzt zwei ausgezeichnete Dosiswerte: die zu dem Wendepunkt der Kurve gehörige Dosis, die hier aber nicht weiter interessiert, und die sog. Halbwertsdosis, d. i. diejenige Dosis, die gerade 50% der bestrahlten Individuen schädigt. Bei Trefferzahlen von $n \geqq 2$ gilt für sie nach GLOCKER die empirisch gefundene Näherungsgleichung

$$\sigma \cdot t_{1/2} = n - 1/2 ,$$

deren Fehler mit wachsendem n sehr schnell außerordentlich klein wird.

Beobachtet man nun bei den experimentellen Kurven nicht nur die kritische Trefferzahl, sondern auch die Halbwertsdosis, so läßt sich auf Grund dieser Beziehung voraussagen, welche Wellenlängenabhängigkeit die Halbwertsdosis in den vorhin erwähnten beiden Fällen besitzen müßte. Die Wellenlängenabhängigkeit von σ ist nämlich durch die Theorie gegeben. Sie läßt sich direkt aus der Beziehung ablesen, die σ mit der Elektronenreichweite verknüpft. In dieser Formel sind von der Wellenlänge abhängig die Größen N_0 und R. Die Wellenlängenabhängigkeit von N_0 findet man unter der Berücksichtigung der Tatsache, daß die Dosis $1\,r$ einer bestimmten, im Gewebe erzeugten Elektronenenergie entspricht. Es gilt also die Beziehung

$$N_0 E_p = \text{const} ,$$

wobei E_p die mittlere Energie eines Photoelektrons bedeutet und die konstante Größe auf der rechten Seite die von der Dosis $1\,r$ erzeugte Elektronenenergie darstellt. Dabei bezieht sich die Betrachtung nur auf solche Wellenlängengebiete, bei denen Comptonprozesse vernachlässigt werden können. Die Energie eines Photoelektrons ist nun bekanntlich umgekehrt proportional der Wellenlänge, so daß sich die gesuchte Abhängigkeit zu

$$N_0 = \text{const} \cdot \lambda$$

ergibt.

Die Elektronenreichweite R dagegen ist nach Untersuchungen von WHIDDINGTON, C. T. R. WILSON u. a. umgekehrt proportional dem Quadrate der Wellenlänge.

$$R = \frac{\text{const}}{\lambda^2} .$$

Man erkennt ohne weitere Ableitung aus diesen beiden Beziehungen schon, daß in dem ersten, vorhin angeführten Falle der konstanten Mindesttrefferzahl, also n unabhängig von der Wellenlänge, die Halbwertsdosis $t_{1/2}$ wegen der Wellenlängenabhängigkeit von σ auch selbst eine erhebliche Abhängigkeit von der Wellenlänge aufweisen muß. Diese Aussage der Theorie hat sich als übereinstimmend mit der experimentellen Erfahrung erwiesen.

Bei der Behandlung des 2. Falles, daß die Mindesttrefferzahl eine Funktion der Wellenlänge ist, muß man der Tatsache eingedenk sein, daß es für die Zellschädigung doch offenbar nur auf die Energie ankommt, die von einem Elektron innerhalb der strahlenempfindlichen Zone abgegeben wird. Dies bedeutet aber, daß die Zahl der zur Schädigung erforderlichen Treffer umgekehrt proportional der im Mittel von einem Elektron mit der Anfangsenergie E auf der Strecke a abgegebenen Energie zu setzen ist. Diese abgegebene Energie E_a kann auf Grund der Energiebilanz berechnet werden. Damit nämlich lokale Energiestauungen vermieden werden, muß die gesamte im empfindlichen Volumen v abgegebene Elektronenenergie gleich sein der gesamten Energie der im Volumen v primär erzeugten Elektronen.

$$E_a \cdot N = E \cdot N_0 \cdot v .$$

Mit

$$N = \sigma = N_0 \cdot \frac{R + a}{a} \cdot v$$

folgt daraus

$$E_a = E \frac{a}{R + a} = \frac{1}{n} = \frac{\text{const}}{\lambda} \frac{a}{R + a} .$$

Man erhält nun, indem man die vorhin für die Halbwertsdosis angegebene Näherungsgleichung unter Benutzung dieser Beziehung entsprechend umformt, für große Werte von n, bei denen das konstante Glied vernachlässigt werden kann, ohne Schwierigkeiten das Resultat, daß jetzt die Halbwertsdosis konstant, d. h. von der Wellenlänge unabhängig sein muß. Auch diese Aussage der Theorie konnte durch Versuche verifiziert werden. Für das kurzwellige Röntgenstrahlengebiet, das wegen der dann notwendigen Mitberücksichtigung der Comptonelektronen eine Erweiterung der Rechnung erfordert, konnte GLOCKER ebenfalls zeigen, daß die theoretisch ableitbaren Gesetzmäßigkeiten experimentell erfüllt sind.

Obwohl die dargelegten theoretischen Vorstellungen als Ausgangspunkt die sicherlich auf sehr verwickelten Vorgängen beruhende Strahlenschädigungskurve besitzen, können über den Primärvorgang der biologischen Strahlenwirkung recht präzise Aussagen gemacht werden. Es ist dies um so erstaunlicher, als zwischen der abgegebenen Elektronenenergie und dem Zelltod sich sicher eine Reihe von Zwischenreaktionen abspielen, die durchaus nicht einfacher Art zu sein brauchen. Welche Zwischenglieder hier in Frage kommen können und ob diese überhaupt eine einheitliche Betrachtungsweise zulassen würden, ist noch völlig unbekannt. Bei den fehlenden Kenntnissen,

wie der chemische und strukturelle Aufbau einer Zelle im einzelnen beschaffen ist, nimmt es auch gar nicht wunder, daß die über den weiteren Mechanismus der biologischen Strahlenwirkung geäußerten Ansichten nur spekulativen Charakter besitzen. Allgemein anerkannt wird seit langem die Bedeutung der Denaturierung des Eiweißes und die Veränderung der Lipoide bzw. Lipoideiweißverbindungen für die biologische Strahlenwirkung. Die näheren Vorgänge jedoch sind noch stark umstritten. Es stehen sich hier im wesentlichen 3 Auffassungen gegenüber. Die Punktwärmehypothese nimmt an, daß die Elektronenenergie in Zusammenstößen mit den Atomen des Eiweißmoleküls „unspezifisch abgebaut wird, etwa über Stöße zweiter Art, bei denen die erregten Atome mit nicht angeregten zusammenstoßen und die Erregungsenergie in Translationsenergie umwandeln, in kinetische Antriebe, also in den Urvorgang der Wärme" (DESSAUER). Die zweite Auffassung, die besonders von HOLTHUSEN vertreten wird, führt dagegen die Denaturierung des Eiweißes auf direkte photochemische Prozesse zurück. Eine dritte Anschauung endlich gründet sich auf die kolloidale Struktur des biologischen Materials. Sie erblickt die Denaturierung in einer direkten Beeinflussung des physikalisch-chemischen Zustandes der kolloiden Dispersionen im Zellinneren durch Veränderung der Teilchenladungen.

Für jede dieser Anschauungen lassen sich Versuchsergebnisse heranziehen, die ihre Berechtigung dartun und stützen sollen. Eine Entscheidung darüber, ob diese oder jene Auffassung allein oder zusammen mit einer anderen der Wirklichkeit entspricht, konnte bisher jedoch noch nicht beigebracht werden.

Literatur:

M. BLAU u. K. ALTENBURGER, Z. Physik **12**, 315 (1923). — R. BRAUN u. H. HOLTHUSEN, Strahlenther. **34**, 707 (1929). — R. GLOCKER, Z. Physik **43**, 827 (1927); **46**, 764 (1928); **77**, 653 (1932). — R. GLOCKER u. O. RISSE, Z. Physik **48**, 845 (1928). — H. HOLTHUSEN, Verh. Pharmak. Ges. **1929**, 36. — B. RAJEWSKY, in F. DESSAUER, Zehn Jahre Forschung auf dem physikalisch-medizinischen Grenzgebiet, Leipzig 1931. — H. SCHREIBER, Strahlenther. **49**, 541 (1934). — A. ZUPPINGER, Strahlenther. **28**, 639 (1928).

Neue Wege in der Dampfkesseltechnik.

Die in der Wirtschaft benötigte elektrische Energie wird mittels Dampfkraft-, Wasserkraft- oder Dieselmaschinen erzeugt. Der weitaus überwiegende Anteil entfällt auf die Dampfkraftanlagen, welche ihrer Leistungsfähigkeit nach — die folgenden Angaben beziehen sich auf die Jahre 1929 und 1932 — 86,9 bzw. 85,1% aller Kraftwerke ausmachen. Die leicht erklärliche Abnahme gerade der Dampf-Elektrizitätserzeugung infolge der Wirtschaftskrise tritt besonders zutage, wenn man die tatsächliche Stromlieferung der Dampfkraftanlagen ins Auge faßt. Diese sank von 86,3 auf 78,2% der Gesamterzeugung und die durchschnittliche jährliche Benutzungsdauer der Anlagen von 2190 Stunden auf 1510 Stunden. Mittels Dampfkraft wurden 14347 bzw. 10489 Millionen Kilowattstunden erzeugt, was einer Abnahme um 27% im dreijährigen Zeitraum entspricht. Das Mißverhältnis zwischen Kapazität und Absatz kann in der Elektrizitätswirtschaft kaum mehr durch räumliche Ausweitung der Absatzgebiete als vielmehr durch allmähliche Verdichtung des Absatzes beseitigt werden. Der starke Rückgang der Benutzungsdauer weist darauf hin, daß die Dampfkraftwerke immer mehr zur Spitzendeckung herangezogen werden. Ein kausaler Zusammenhang zwischen diesen Verhältnissen und den Fortschritten im Bau von Dampferzeugern ist unschwer festzustellen. Schlecht ausgenutzte Anlagen vertragen keine hohen Verzinsungs- und Abschreibungsquoten, denn diese lasten ziemlich unabhängig von der Benutzungsdauer mit jährlich festen Werten auf den Werken. Es macht sich deshalb eine gewisse Verlangsamung im Bau von Hochdruckkesseln und das Streben nach Verbilligung bemerkbar. Dafür verlangt der vorübergehende Einsatz der Dampfkraftwerke rasche Betriebsbereitschaft und große Elastizität in der Dampflieferung durch gute Regelbarkeit und gleichbleibenden Wirkungsgrad auch bei Teillasten.

Neue Dampfkraftwerke werden meist als Spitzenwerke gebaut. Daneben bedingt die wirtschaftliche Lage möglichste Senkung des Dampfpreises durch Verwendung billiger Brennstoffe und von Feuerungen, die sich ohne zeitraubende und kostspielige Änderungen für verschiedene Kohlensorten verwenden lassen, um die günstigste Bezugsmöglichkeit sofort ausnützen zu können. Solche Feuerungen sind für kleinere Anlagen, die nicht immer zur elektrischen Stromlieferung bestimmt sein brauchen, Stoker- und Unterschubfeuerungen, für größere die Staubkohlenfeuerung. Die Anlagekosten werden herabgedrückt durch möglichst gute Ausnutzung der Heizflächen, d. h. Anordnung von Flächen, welche die Verbrennungswärme durch Einstrahlung statt durch Berührung aufnehmen und durch Beschleunigung des Heizgas- und des Wasserstromes entlang den Heizflächen. Mit dem letzteren Verfahren ist allerdings ein Energieverbrauch verbunden, der sich nicht immer rechtfertigen läßt. Solche Gesichtspunkte sind für den neueren Feuerungs- und Kesselbau maßgebend.

Bei den *Stokerfeuerungen* wird die ziemlich hohe Brennschicht durch periodisch bewegte Rostplatten oder Stößel aufgelockert und bis zum völligen Ausbrand meist eine etwas geneigte Ebene hinabgeschoben. Die starke Konzentration des Brennstoffes bringt bei hochwertiger Kohle eine örtlich sehr intensive Hitzeentwicklung mit sich, die dem Rost, dem Mauerwerk und dem eigentlichen Kessel gefährlich werden kann. Man begegnet dieser Schwierigkeit beim *Kühlstoker* durch Anordnung von Wasserrohren zwischen den Vorschubstösseln, derart, daß die Rohre die eigentliche Rostbahn bilden. Das Kühlwasser wird den Rostrohren durch die Speisewasserpumpe oder durch eine besondere kleine Zirkulationspumpe zugeführt. Die Stoker sind am Platz bei Feuerungsmaterialien mit hohem Gehalt an Unverbrennlichem — 50 und mehr Prozent Asche — oder bei stark verschlackenden Brennstoffen. Durch das dauernde Aufwühlen der Brennschicht wird der Luftsauerstoff an jedes Brennstoffteilchen herangebracht; ferner kann sich kein zusammenhängender Schlackenkuchen bilden.

Die *Unterschubfeuerung* verlangt eine nicht zu gasarme Kohle oder ein Gemisch von solcher mit anderen

Brennstoffen. Sie eignet sich ebensogut für stückige Kohle wie für solche kleinster Körnung bis herab zur Grieskohle. Bei der Unterschubfeuerung der *Kohlenscheidungs-Gesellschaft*, Fig. 1, wird der Brennstoff mit einer Schnecke, deren Winkelgeschwindigkeit verändert werden kann, vorgeschoben. Die Schnecke ist nach dem Ende zu verjüngt und versorgt den ganzen Rost gleichmäßig mit Brennstoff. Die frische Kohle wird stets unter die Brennschicht gefördert, dort entgast und die Gase werden in der Glut und unmittelbar darüber restlos verbrannt, d. h. zu Kohlensäure oxydiert. Die Oberfläche der Brennschicht bleibt stets in strahlendem Feuer. Die Verbrennungsluft tritt größtenteils unter dem Rost zu. Letzterer ist zur Achse der Schnecke beiderseits nach außen dachartig geneigt. Der Vorschub der Kohle führt die ausgebrannte Asche selbsttätig bis an die Ränder des Rostes, von wo sie durch Kratzer leicht entfernt werden kann. Waagrechte Leisten an den Roststäben verhindern den Durchfall des Feinen. Der Zug kann natürlicher Schornsteinzug sein oder durch ein Unterwindgebläse verstärkt werden.

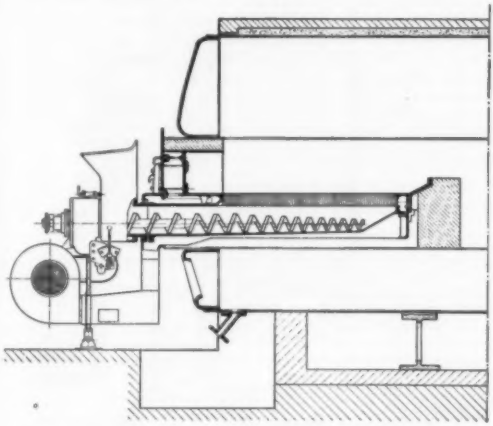


Fig 1. Schnitt durch eine KSG-Unterschubfeuerung mit Schneckenförderung, Einzelantrieb und angebautem Gebläse.

Der Wirkungsgrad dieser Feuerung ist auch bei kleinkörniger Kohle, die sich auf dem Planrost weder mittels Hand- noch mechanischer Wurffeuerung günstig verwerten läßt, ein sehr hoher. Ein besonderer Vorzug der Unterschubfeuerung ist ihre Rauch- und Flugaschefreiheit. Sie gibt die Möglichkeit billigste Kohlensorten, die bisher nur bei größeren Kesseln auf Wanderrosten gefeuert werden konnten, auch in kleinen Flammrohr-, Batterie- oder Heizrohrkesseln zu verbrennen, den Dampfpreis also auch für kleine Betriebe wesentlich zu senken.

Der *Wanderrost*bau wurde in den letzten Jahren durch die Ausbildung von immer größeren Kesseleinheiten vor neue Aufgaben gestellt. Die höhere Beanspruchung der Roste und die gleichzeitige Vergrößerung der Einheiten brachten Änderungen in der Luftzuführung und Luftregulierung mit sich. Man unterteilte die Rostfläche in einzelne Zonen und vergrößerte die Bauhöhe, um selbst bei großen Breiten bis zu 11 m ohne Mittelmauer normale Luftgeschwindigkeiten zu erhalten. Der *Schuppenwanderrost*, dessen Roststäbe quer zu seiner Bewegungsrichtung gestellt sind, löst die Aufgabe der Selbstreinigung und der Verminderung des Rostdurchfalles in idealer Weise. Durch die zonenweise Luftregulierung wird erreicht, daß bei schwacher Last keine „falsche" Luft durch das unbedeckte Rostende treten kann. Man ist ferner in der Lage, den Luftüberschuß auch bei Teilleistungen auf dem normalen Maß zu halten und erzielt daher bei schwankender Belastung, wie sie im Spitzenbetrieb die Regel ist, einen fast ebensoguten Wirkungsgrad wie bei gleichmäßigem Betrieb. Während der Wanderrost mit natürlichem Zug für hochwertige Brennstoffe mit ausreichendem Gasgehalt in Frage kommt, ist der Unterwindzonenrost für alle Brennstoffe verwendbar: Förder-, Nuß-, Fein- und Staubkohle, sowohl hochwertige Fett- als auch Magerkohle, ferner Koks, Koksgrus, Preßkohlen, Mittelprodukte und Schlammkohle einzeln und in Mischungen.

Der organische Zusammenbau von Feuerung und Kessel machte einen entscheidenden Fortschritt durch die Einführung der turbulenten Verbrennung bei der *Staubkohlenfeuerung*. Durch Anwendung der *Wirbelfeuerung* gelang es, in gegebenen Räumen wesentlich größere Wärmemengen zu übertragen als bisher, oder umgekehrt die Dampfleistung früherer Kessel unter viel geringerer Platzbeanspruchung zu erreichen. Bei der Eckenfeuerung wird das Staub-Luftgemisch aus den 4 Ecken oder vielmehr Kanten des Brennraumes tangential an einen um die Brennkammerachse gedachten Kreis eingeblasen. Die Wärmeübertragung des verbrennenden Kohlenstaubes an das Wasser erfolgt durch Strahlung und durch Berührung. Feuerung und Dampferzeuger sind zu einem geschlossenen Ganzen verbunden. Die Heizfläche wird um die Flamme herumgebaut, also dorthin verlegt, wo sie am wirksamsten ist. Bei einem Wasserrohrkessel ohne eigentlichen Strahlungsteil ist eine Dampferzeugung von 45—50 kg/qm Heizfläche und Stunde in der Regel ein Höchstwert. Demgegenüber ist die Wirksamkeit der Strahlungsflächen eine viel größere. Nimmt man z. B. einen Kessel von 35 atü an, d. h. eine Wassertemperatur von 243°, so wird die Dampfleistung nach dem STEFAN-BOLTZMANNschen Gesetz mit $C = 4{,}0$ in kg Dampf je Quadratmeter Heizfläche und Stunde bei einer Strahlungstemperatur von

1000°	250 kg/qm h
1400°	750 kg/qm h
1800°	1400 kg/qm h

Diese außerordentliche Wirksamkeit der bestrahlten Heizfläche ist der Grund dafür, daß beim *Lopulco-Strahlungskessel*, Fig. 2, der senkrecht zwischen den beiden Trommeln verlaufende Berührungsteil zur Dampferzeugung nur mehr wenig beiträgt. Derartige Strahlungskessel werden außer für Kohlenstaub-Wirbelfeuerung auch für Wanderrostfeuerung gebaut. Beim Umbau bestehender Kessel, fast ohne Vergrößerung der Heizfläche, nur indem ein Teil derselben als Strahlungsfläche ausgebildet wurde, gelang es, die Leistungsfähigkeit bedeutend zu steigern, in einzelnen Fällen bei gleichzeitiger Anordnung einer Lopulco-Eckenfeuerung auf mehr als das Doppelte der ursprünglichen Leistung.

Sehr wichtig ist es bei Spitzenkraftwerken die Elastizitätszahl oder Regelgeschwindigkeit der Kessel zu erhöhen. Man versteht darunter die Leistungssteigerung bzw. das Abwerfen der Leistung je Minute in Prozenten der höchsten Dauerleistung. Bei Betrieb mit Braunkohlenstaubfeuerung gelang es, die Leistung von 10% auf 90% in 1,7—2,5 Minuten, je nach dem Kesselsystem, zu steigern, umgekehrt in 1—$2^1/_2$ Minuten die höchste Dauerleistung abzuwerfen. Die Staub-

feuerung zeichnet sich also durch bemerkenswerte Trägheitslosigkeit aus.

Verschiedene neue Kesselbauarten erzielen in Verbindung mit geeigneten Feuerungen eine Steigerung der Dampfleistung und der Regelgeschwindigkeit unter gleichzeitiger Vereinfachung und Verbilligung der Bauart durch Zwangumlauf des Wasserinhaltes gegenüber Kesseln mit natürlichem Umlauf. Beim *La Mont-Kessel* preßt die Umlaufpumpe, deren Antrieb $^1/_3$—1% der Dampfleistung erfordert, das Wasser durch enge Rohre von etwa 30/38 mm Durchmesser. Bis zur völligen Verdampfung wird das Wasser 5—10mal umgewälzt. Von den Verteilungskammern, wo ein Überdruck von etwa 30 mm Wassersäule herrscht, tritt das Speisewasser in die Rohre durch Düsen ein, deren Querschnitt nach der Wärmebelastung der Rohre bemessen ist. In der Rohranordnung hat der Konstrukteur große Freiheit. Die Wärme aufnehmenden Rohre können waagrecht oder nach unten geneigt sein, wenn die Wassergeschwindigkeit gegenüber der Auftriebsgeschwindigkeit der Dampfblasen groß genug ist. Die Heizfläche kann somit ganz nach den Erfordernissen der besseren Wärmeübertragung, der geringeren Zugverluste und

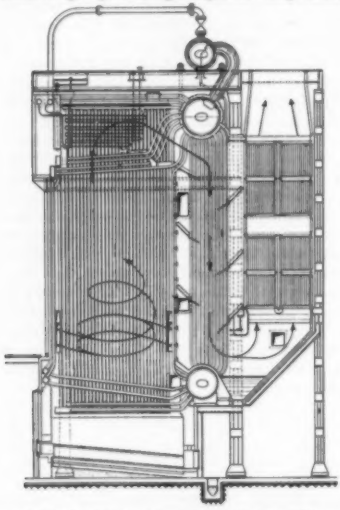


Fig. 2. Schnitt durch einen Lopulco-Strahlungskessel mit Kohlenstaub-Eckenfeuerung.

der gegebenen Raumverhältnisse angeordnet werden. Auf einer bestimmten Grundfläche kann mehr als die doppelte Leistung gewöhnlicher Kessel mit natürlichem Umlauf erzeugt werden.

Die *Zwangdurchlaufkessel* nach SULZER oder DOBLE zeichnen sich durch einfachsten Aufbau aus. Sie bestehen aus einer langen, aus einzelnen Teilen zusammengesetzten Rohrschlange, an deren einem Ende das Speisewasser ein- und an deren anderem der Dampf austritt. Bei größeren Kesseln werden mehrere Rohrstränge parallel geschaltet. Die Speisepumpe ist gleichzeitig Umwälzpumpe. Wassereinspritzung nahe dem Rohrende regelt die Überhitzungstemperatur. Bei einem Sulzerkessel für 7,3 t/h Dampfleistung von 100 atü und 370° Dampftemperatur beträgt die Heizfläche 193 qm, wovon 72 qm auf den Strahlungsteil treffen. Die Rohrschlange ist 1275 m lang und viermal in den Durchmessern 30—50 mm innerer Weite abgestuft um der Dampfblasenbildung Rechnung zu tragen. Der einfache Aufbau zeigt sich im Fortfall der Wasserstandszeiger, der Trommeln und des getrennten Überhitzers. Die Speicherfähigkeit solcher Kessel ist gering. Deshalb müssen Brennstoff, Verbrennungsluft, Speisewasser und Einspritzwasser schnell und zuverlässig auf die jeweilige Dampferzeugung abzustimmen sein, was verwickelte selbsttätige Regeleinrichtungen erfordert. Schwierigkeiten machen auch die Ausscheidungen der selbst im Kondensat oder Destillat enthaltenen Restsalze an bestimmten Stellen der Rohre durch die gefährlichen Rohrreißer. Der Doblekessel wird von *Henschel & Sohn* für Dampfkraftwagen verwendet, wo ein vollständiger Kreislauf: Speisewasser — Dampf — Kondensat — Speisewasser besteht.

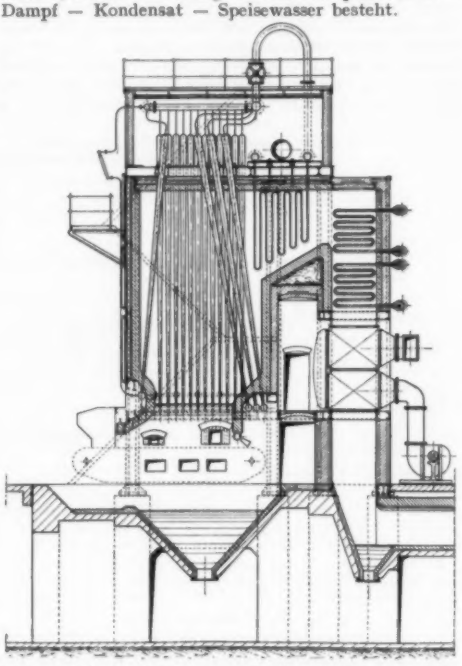


Fig. 3. Schnitt durch einen Stufenrohrkessel Bauart Zoelly mit Rostfeuerung.

Weniger umstürzend ging H. ZOELLY bei der Konstruktion seines *Stufenrohrkessels*, Fig. 3, vor. Er ordnet rings um die Brennkammer zueinander parallel geschaltete, senkrechte oder schwach geneigte Rohre an, die sich nach oben, aus Fabrikationsgründen stufenförmig, erweitern. Das Speisewasser wird jeder Rohrgruppe durch die gemeinsame Speiseleitung zugeführt. Das Wasser durchfließt mit sehr geringer Strömungsgeschwindigkeit jedes Rohr nur einmal. Der gebildete Dampf tritt oben aus jedem Rohr über eine Verbindungsleitung zur Dampfsammelleitung und zum Überhitzer. Die Gefahr, daß vom Dampf Wasser mitgerissen wird, besteht weniger als bei den drei vorerwähnten Kesselsystemen. Auch ist die Speicherfähigkeit eine etwas größere, trotzdem Trommeln vermieden sind. dafür besteht keine Freiheit mehr in der Anordnung der Heizfläche. Der Stufenrohrkessel verlangt ebenfalls

eine gut regelbare Feuerung. Die Teile der Rohre, wo Salzabscheidungen auftreten können, sind dem Bereich der Flammen entzogen und dadurch ist die Gefahr einer Überhitzung der Rohre behoben.

Die zur Vergrößerung der Wärmeübertragung nur durch Berührung erforderlichen höheren Rauchgasgeschwindigkeiten bedingen einen erheblichen Kraftbedarf für das Gebläse, wodurch der Gesamtwirkungsgrad beeinträchtigt wird. Beim *Veloxkessel*, der mit Rauchgasgeschwindigkeiten von 200—300 m/sec gegenüber 10—15 m/sec beim gewöhnlichen Kessel arbeitet, wird zum Antrieb des Luftverdichters eine Gasturbine verwendet, die zur Energieersparnis mit den Abgasen des Kessels betrieben wird. Brennstoff kann Öl oder Gas sein. In der Brennkammer herrschen 1—2 at Überdruck. Die Verbrennungsgase strömen durch außen vom Wasser bespülte Heizrohre und hierauf durch den Überhitzer, die Gasturbine, Speisewasser- und Luftvorwärmer und schließlich in den Schornstein. Der Kessel arbeitet gleichzeitig mit Zwangumlauf des Wasserinhaltes. Eine Umwälzpumpe drückt das Wasser durch die zu den Heizrohren konzentrischen Verdampferrohre, aus welchen das Dampf-Wassergemisch in einen Fliehkraftabscheider gelangt, der das Wasser vom Dampf trennt. Letzterer strömt zum Überhitzer, das Wasser zur Pumpe zurück. Die Umwälzpumpe wird ebenfalls von der Gasturbine angetrieben. An einem Versuchskessel für 10 t stündlicher Dampferzeugung von 28 atü und 380° erreichte man bei Höchstlast eine spezifische Heizflächenbelastung von 500 kg/qm u. h und 90% Wirkungsgrad. Zum Inbetriebsetzen des Kessels aus dem kalten Zustand genügten 5—6 Minuten. Die Regelung erfolgt selbsttätig, indem sich die Drehzahl des Verdichters und der Brennstoffpumpe abhängig von der Dampfentnahme ändert. Beim Verfeuern von ungereinigtem Gas oder Staubkohle ist mit einem starken Verschleiß der Heizrohre durch die Flugasche zu rechnen.

Der *Bensonkessel*[1] wurde betriebssicher gemacht, dadurch, daß man die Zone, in der sich die Salze ausscheiden, in ein Gebiet des Feuerraumes mit niedrigen Gastemperaturen verlegte und damit die Rohrreißer beseitigte. Versuche wurden ferner angestellt, den Bensonkessel mit unterkritischem Druck zu betreiben. Wie nach den Erfahrungen mit den vorerwähnten Kesselbauarten zu erwarten, war der Dampf einwandfrei trocken, ohne daß eine Trommel zur Abscheidung des Dampfes aus dem Wasser vorhanden war. Das gibt die Möglichkeit die Leistungsregelung einer Turbine durch Änderung des Druckes bei annähernd gleicher Temperatur durchzuführen. Bei einer Drucksteigerung von 35 auf 150 atü und 450° kann ohne Änderung der Steuerung das 4,5fache Dampfgewicht durch die Turbine geschickt werden. L. Schneider, München.

[1] S. Naturwiss. **1928**.

Kurze Originalmitteilungen.

Unter Mitwirkung von Max Hartmann, Max v. Laue, Carl Neuberg, Arthur Rosenheim und Max Volmer.
Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Geschlechtschromosomen bei Ostracoden.

Bei cytologischen Untersuchungen an verschiedenen Ostracoden wurde in der bisexuellen Form der *Cyprinotus incongruens*-Gruppe ein hochdifferenzierter Geschlechtschromosomenapparat nachgewiesen, der den ersten gesicherten Fall des Auftretens von Geschlechtschromosomen bei den Crustaceen überhaupt darstellt.

Fig. 1. Multiple Chromosomengruppe aus einer Spermatocyte I. Ordnung in später Prophase.

Nach Ablauf der zweiten Wachstumsperiode, die genau der einer Oocyte gleicht (sehr starkes Kernwachstum, Unsichtbarwerden der Chromosomen, Auftreten eines großen Nukleolus), differenzieren sich aus der homogenen Kerngrundsubstanz 4 Tetraden und eine multiple Gruppe. Die Tetraden stellen vollständig terminalisierte Stäbchentetraden dar; sie sind von verschiedener Größe. Die multiple Gruppe (Fig. 1) besteht aus einer terminalisierten Stäbchentetrade, der an einem Ende büschelartig 5 kleine Einzelchromosomen angeheftet sind. Die Stäbchentetrade dieser Gruppe ist die zweitlängste des ganzen Satzes. Alle Chromosomen sind von einer achromatischen Hülle umgeben.

Die erste Reifeteilung ist für die 5 kleinen Elemente der multiplen Gruppe reduktionell. In der Interkinese trennen sie sich von der Dyade, an die sie angeheftet waren. Sie treten einzeln in die zweite Reifeteilung ein. Es gibt also zwei Arten von Spermatocyten II. Ordnung: solche mit 5 und solche mit 10 Chromosomen.

In den Eiern, deren 1. Reifespindel noch im Eileiter fertig ausgebildet wird, finden sich 10 Tetraden.

Aus diesen Befunden ergibt sich, daß eine multiple X-Chromosomengruppe vorliegt. Im einzelnen sind zwei Auslegungen möglich: 1. kann ein X-O-Mechanismus vorliegen, wobei die *fünf*teilige X-Gruppe vorübergehend an eine Autosomentetrade gekoppelt ist; 2. kann ein X-Y-Mechanismus vorliegen, wobei das längste Element der *sechs*teiligen X-Gruppe mit dem ihm völlig gleichen Y-Chromosom eine normale Tetrade bildet, der die unpaaren Elemente terminal anhängen. Die Formeln lauten also entweder: $n = 5 + X_{1-5}$ (bzw. $n' = 5$) oder $n = 4 + X_{1-4}$ (bzw. $n' = 4 + Y$). Eine Entscheidung zwischen beiden Möglichkeiten kann noch nicht gefällt werden. Im weiblichen Geschlecht erfolgt normale Tetradenbildung der Einzelelemente der X-Gruppe.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Abteilung Hartmann, den 11. Juli 1934. Hans Bauer.

Besprechungen.

MÜLLER-POUILLET, **Lehrbuch der Physik.** 11. Auflage. Band IV: **Elektrizität und Magnetismus.** Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn 1932 und 1933. 16 cm × 24 cm. 1. Teil: XXI, 732 S. und 744 Abbild. Preis geh. RM 47.50, geb. RM 51.—. 2. Teil: XVI, 462 S. und 441 Abbild. Preis geh. RM 30.—, geb. RM 33.—. 3. Teil: XVIII, 828 S. und 390 Abbild. Preis geh. RM 54.—, geb. RM 58.—. 4. Teil: XX, 906 S. und 400 Abbild. Preis geh. RM 62.—, geb. RM 66.—.

Der vierte Band dieses klassischen Lehrbuches ist in vier Teilbände zerlegt worden. Die beiden ersten Teile sind von S. Valentiner, Clausthal, herausgegeben worden. Sie enthalten „die Grundlagen der Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus" und die „technischen Anwendungen der Elektrizitätslehre". Herausgeber des dritten und vierten Teilbandes ist Arnold Eucken in Göttingen. Der dritte Teilband bringt die „elektrischen Eigenschaften und Wirkungen der Elementarteilchen der Materie", der vierte die „elektrischen Eigenschaften der Metalle und Elektrolyte sowie die magnetischen Eigenschaften der Materie".

Ich habe die Besprechung des Buches auf ausdrücklichen Wunsch meines Kollegen Eucken übernommen

und brauche daher nicht zu fürchten, daß einige kritische Betrachtungen anders gedeutet werden als durch die Absicht, dem wertvollen Lehrbuch zu nützen. Der Akzent in diesem letzten Satz ist auf das Wort Lehrbuch zu legen. Wir besitzen in deutscher und in fremder Sprache zahlreiche, der Einführung dienende, kurz gefaßte Darstellungen der Physik. Aber unsere Studenten und alle physikalisch interessierten Kreise der Naturwissenschaft und Technik benötigen dringend ein *Lehrbuch:* Ein solches soll elementare Schulkenntnisse nur kurz ins Gedächtnis zurückrufen, und im Umfang des Stoffes erheblich über das zur Einführung Notwendige hinausgehen, ohne die Vollständigkeit der literatursammelnden Handbücher zu erstreben. Der MÜLLER-POUILLET war ein solches Lehrbuch. Aber kann man auch die neueste Auflage seines Elektrizitätsbandes ein Lehrbuch nennen? Zur Antwort seien zwei Zahlen genannt: Der Band umfaßt nahezu 3000 Seiten und kostet 208 RM. Ist das noch ein Lehrbuch in dem oben genannten Sinn? Ist es nach Umfang und Preis noch für diejenigen, die auf seine Belehrung angewiesen sind, zugänglich? Niemand, fürchte ich, wird diese Frage bejahend beantworten, und als einem Freunde des Werkes scheint es mir als Pflicht, einen gründlichen Wandel zu empfehlen. Das Buch muß um 2000 Seiten gekürzt werden, in seiner jetzigen Form ist es zu einem Handbuch mit beschränkter Literaturangabe entartet. Ein solches Urteil mag scharf und undankbar klingen, undankbar gegen die Herren, die in selbstloser Arbeit große Kapitel ganz neu geschrieben haben, undankbar gegen die Herausgeber, die sich der Mühe der redaktionellen Zusammenfassung unterzogen haben. Aber das Ergebnis scheint mir eindeutig: Durch redaktionelle Zusammenstellung vieler einzelner, von verschiedenen Autoren verfaßter Teilbeiträge läßt sich wohl ein enzyklopädisches Handbuch oder eine Sammlung gemeinsam gebundener Monographien zusammenstellen, aber nie und nimmer ein Lehrbuch. Ein Lehrbuch kann nur im Kopf *eines* Mannes entstehen, und in der Leistungsfähigkeit eines einzelnen Kopfes finden nach meiner Ansicht Stoff und Umfang eines Lehrbuches ihre natürliche Begrenzung. Diese Begrenzung erscheint mir nicht als ein Nachteil, sondern als ein Vorteil. Sie zwingt den Verfasser zu straffer, einheitlicher Disposition, zur gewissenhaften Trennung des Wesentlichen vom weniger Wichtigen und zur Vermeidung platzraubender Wiederholungen und Doppeldarstellungen, die ihm die Übersicht über den eigenen Text erschweren.

Ich sprach oben von der Notwendigkeit einer ganz radikalen Kürzung. Ich darf Beispiele bringen: Fig. 219 im ersten Band bringt eine Leydener Flasche als Holzschnitt. Gewiß kann man auch vier Leydener Flaschen gleicher Größe zusammen in einen Kasten stellen. Muß das aber unbedingt durch einen zweiten Holzschnitt, Fig. 200, erläutert werden? Auch kann man die Außenbelegungen zweier Leydener Flaschen durch einen Draht miteinander verbinden. So kommt man zur „Schaltung der Flaschen der Influenzmaschine", das wird mit einer Strichätzung in Fig. 222 erläutert. Mit Recht werden auch die vorzüglichen Minosflaschen der Firma Schott erwähnt, allerdings nicht ihr Hauptvorzug, die minimalen dielektrischen Verluste ihres Glases. Der Lernende wird auch gern ein Bild einer solchen technisch durchkonstruierten Leydener Flasche sehen. Aber müssen wirklich gleich vier solcher Flaschen von verschiedener *Höhe* dargestellt werden, und zwar mit einer Autotypie (Fig. 223), die reichlich $^3/_4$ Druckseiten beansprucht? Zwei Seiten später folgen die Plattenkondensatoren mit Glas, Glimmer und Papier als Dielektrikum. Glasplattenkondensatoren werden in vier verschiedenen Holzgehäusen in Autotypie dargestellt (Fig. 225a und b), Glimmerkondensatoren zwei ohne Holzgehäuse (Fig. 226 und 228), zwei mit Holzgehäuse (Fig. 227a und b). Die Hälfte der folgenden Seite bringt dann drei Autotypien von Papierkondensatoren in Blechgehäusen. Ist das des Guten nicht etwas zuviel? — Wir wenden uns weiter zu Kap. V, C, der Wärmewirkung des elektrischen Stromes: Muß heute noch ein qualitativer Demonstrationsapparat für die Stromwärme auf $^3/_4$ Seiten beschrieben werden? Kann man nicht die äußere Gestalt einer Glühbirne mit Edison-Fassung als bekannt voraussetzen und durch Weglassung der Fig. 44 und 45 eine halbe Seite einsparen? Eine Daimon-Taschenlampenbatterie ist sicher sehr nützlich, ist aber eine Abbildung in etwa $^1/_2$ natürlicher Größe erforderlich? Fig. 76 in Kap. V zeigt zwei Zellen eines Bleiakkumulators hintereinander geschaltet in einer Autotypie. Fig. 77 bringt dann ebenfalls in Autotypie die Reihenschaltung statt für zwei für 24 Zellen. Eine solche Häufung entbehrlicher Abbildungen findet sich in vielen Teilen des Werkes. Dann Beispiele aus dem Text: Das VII. Kapitel behandelt „das Magnetfeld um den elektrischen Strom". Ihm gehen 52 Seiten über das Magnetfeld permanenter Magnete und der Erde voraus. Eine einfache Vertauschung der Reihenfolge würde hier eine ganz erhebliche Kürzung erlauben. Außerdem werden die magnetischen Meßmethoden und Apparate in einem getrennten Kapitel behandelt und auch das gibt eine Vermehrung des Umfangs. Für ein physikalisches Lehrbuch genügt doch beispielsweise die Herleitung der Gleichung $K = \mathfrak{B}\, i\, l$ aus der Induktion in bewegten Leitern und im Anschluß daran die Erwähnung einiger Anwendungen, z. B. Drehspulgalvanometer ($\mathfrak{B}$ konstant, gesucht i), oder KÖPSEL-scher Magnetisierungsapparat (i konstant, gesucht $\mathfrak{B}$).

Die Abtrennung der technischen Anwendungen und ihre Behandlung in einem Sonderbande erscheint mir recht glücklich. Aber leider ist sie keineswegs folgerichtig genug durchgeführt. Pendelumformer, Schmelzsicherungen, Hubmagnete für Eisenschrott, Krahnlastmagnete, Morseschreiber, zahlreiche Ausführungsformen elektrischer Schmelzöfen, Elektrizitätszähler verschiedener Bauart, konstruktive Einzelheiten der Influenzmaschinen, und das alles mit vielen Abbildungen ausführlich erläutert, findet man in den „Grundlagen der Elektrizitätslehre". Weiter werden dort behandelt „Mavometer", technische Meßbrücken, medizinische „Elektroden zur Galvanisation", Netzanschlußgeräte und Glühkauter für Ärzte und vieles andere. Hier und da mit wenigen Zeilen als Anwendungsbeispiele erwähnt, können ja derartige Dinge physikalische Betrachtungen beleben. Aber für umfassendere Darstellungen ist wohl in den Grundlagen der Elektrizitätslehre kaum Platz. Doch mag ein Mehr oder Weniger in dieser Richtung letzten Endes Geschmacksfrage bleiben. Wichtig erscheint mir ein anderer Punkt: Gewiß läßt sich die klassische Elektrizitätslehre auf verschiedene Weise darstellen. Stets aber wird man heute die Feldvorstellung in den Vordergrund rücken, und in der wechselseitigen Verkettung elektrischer und magnetischer Felder und im Mechanismus der Wellenausstrahlung den Höhepunkt der klassischen Elektrizitätslehre erblicken. Überraschenderweise fehlen jedoch diese fundamentalen Dinge im ersten Bande unter den „Grundlagen der Elektrizitätslehre" vollständig. Statt dessen begegnet man im zweiten Bande unter den technischen Anwendungen einem seltsam gegliederten Abschnitt „Das schnell veränderliche elektrische Feld". Es beginnt mit der BRAUNschen Röhre in der techni-

schen Ausführungsform von ARDENNE mit der ganzen Schaltung eines Netzanschlusses, behandelt dann LISSAJOUSche Figuren und das Rechnen mit komplexen Amplituden. Es folgen 100 Seiten Funkentelegraphie beginnend mit FEDDERSEN, MARCONI und dem WIENschen Sender. Dann kommen die BJERKNESSchen Formeln, die GOLDSCHMIDTsche Hochfrequenzmaschine, der Lichtbogengenerator, eine ganz ausführliche quantitative Behandlung der Elektronenröhren und Verstärker, SCHOTTKYS Anodenschutznetz, Zieherscheinungen, das Audion, Röhrenvoltmeter, hochemittierende Kathoden und vieles andere. Zum Schluß bringt dann ein Druckbogen den Mechanismus der Wellenentstehung und die klassischen Versuche von HEINRICH HERTZ. Die HERTZschen Versuche, die den Feldvorstellungen entscheidend zum Siege verhalfen, als Appendix der drahtlosen Nachrichtentechnik in den Band „Technische Anwendungen" verwiesen, gegen diese Bewertung wird wohl ein jeder Einspruch erheben! Sie macht die Verteilung der „Grundlagen" und der „technischen Anwendungen" auf zwei getrennte, einzeln käufliche Bände illusorisch. Was nützt im Bande „Grundlagen" die Erläuterung der Feldvorstellungen, wenn das Wort „Verschiebungsstrom" nur einmal beiläufig bei der Entladung eines Kondensators erwähnt wird?

Der dritte Band enthält Korpuskularstrahlen und ihren Durchgang durch Materie (CHR. GERTHSEN, 288 Seiten), unselbständige und selbständige Gasentladung (M. STEENBECK, 157 Seiten), Radioaktivität und elektrischer Aufbau des Atomkerns (G. KIRSCH und E. TELLER, 131 Seiten), Atom- und Molekularkräfte (M. DUNKEL und K. L. WOLF, 216 Seiten). Der vierte Band bringt: Elektrische Eigenschaften der Metalle (389 Seiten mit Beiträgen von R. SUHRMANN, A. EUCKEN, A. ETZRODT und L. NORDHEIM), Elektrochemie (271 Seiten, A. COEHN, G. JUNG und W. JOST), magnetische Eigenschaften der Materie (214 Seiten von O. AUWERS und L. NORDHEIM). Diese beiden Bände tragen durchaus den Charakter eines Handbuches mit Einzelbeiträgen verschiedener Autoren. Es ist eine außerordentliche Stoffülle bewältigt worden, und ich habe viele Einzelheiten mit großem Interesse gelesen. Der Wunsch, die Ergebnisse der fortschreitenden Forschung rasch einem weiten Leserkreis zu vermitteln, ist sicher verständlich. Man wird auch jedem Autor dankbar sein, der aus der Fülle der wissenschaftlichen Zeitschriftenliteratur durch zusammenfassende Referate dem Fernerstehenden die Übersicht erleichtert. Ich bezweifle nur, daß der gleichzeitige Abdruck solcher Darstellungen ein Lehrbuch gibt. Mir will scheinen, daß es stets einer gewissen Zeit bedarf, bevor die neusten Errungenschaften der Forschung lehrbuchreif werden. Man denke einmal an die unendliche Literatur, die sich an die Entdeckung des Induktionsgesetzes und seine Anwendungen angeschlossen hat. Wie kurz und knapp lassen sich die entscheidenden Tatsachen und ihre Deutung heute in einem Lehrbuch darstellen. Man hat eben Wichtiges von weniger Wichtigem zu trennen gelernt und ist allmählich zu immer einfacherer Beschreibungsform vorgedrungen. Man muß es wohl als unabänderlich in den Kauf nehmen, daß eine lehrbuchmäßige Darstellung stets etliche Jahre hinter dem Stande der gelehrten Literatur nachhinkt. Es liegt doch nicht so, daß wir einen bestimmten Prozentsatz der jährlich neu erscheinenden physikalischen Literatur auszuziehen und in die Lehrbücher einzukleben haben. Zum Glück bringt uns die physikalische Forschung nicht nur eine Häufung des Stoffes sondern auch vereinfachende Synthesen. Unsere Lehrbücher brauchen nicht im entferntesten proportional der Zeitschriftenproduktion anzuwachsen.

Zu den einzelnen Kapiteln des 3. und 4. Teilbandes wäre manches zu sagen. Aber solche Bemerkungen erscheinen mir vollständig unwesentlich neben der Hauptfrage, der unerläßlichen Kürzung des Buches auf ein Drittel seines jetzigen Umfanges. Nur so kann ihm sein alter Lehrbuchcharakter wiedergegeben werden.

R. W. POHL, Göttingen.

SEELIGER, R., **Einführung in die Physik der Gasentladungen.** Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig: Joh. Ambrosius Barth 1934. XII, 563 S. und 243 Abb. 16 cm × 23 cm. Preis geh. RM 46.—, geb. RM 48.—.

Das bekannte und beliebte Buch von R. SEELIGER ist nun nach 7 Jahren in der zweiten Auflage erschienen und hat dadurch zweifellos dem in Anbetracht der rapiden Entwicklung des Gebietes der Gasentladungen gerade in dem letzten Jahrzehnt durchaus verständlichen Wunsche zahlreicher Leser nach einer Neuauflage entsprochen. Die günstige Aufnahme der ersten Auflage hat den Verf. veranlaßt, im großen und ganzen auch bei der Neuauflage die Anlage des Buches und seinen Charakter als den einer „Art Lehrbuch zu einer — allerdings mehr als nur ersten — Orientierung" unverändert beizubehalten. Daß dabei große Teile der ersten Auflage in fast unveränderter Gestalt in die zweite mit übernommen werden konnten, und nur sehr wenig über Bord geworfen zu werden brauchte, weil es sich im Laufe der Entwicklung als unwesentlich herausgestellt hatte, spricht eigentlich nur wieder für die Sorgfalt der Abfassung der ersten Auflage und für einen das Bleibende vom Vergänglichen unterscheidenden Weitblick des Verf. Die beträchtliche Vermehrung des Umfangs — etwa 30% — ist also fast ausschließlich auf Konto dessen zu schreiben, was die Forscherarbeit der letzten 7 Jahre geleistet hat. Zu nennen sind hierbei in erster Linie die Elementarprozesse, deren Erforschung ja nunmehr so weit fortgeschritten ist, daß die Theorie der Gasentladungen in vielen Fällen daraus schon beträchtlichen Nutzen zu ziehen vermag, und denen demgemäß jetzt ein besonderes straff diszipliniertes Kapitel gewidmet wurde, ferner die Ausgestaltung der Theorie der Zündung durch Mitberücksichtigung der Feldverzerrung durch Raumladungen, drittens endlich die Theorie des normalen Kathodenfalls, die durch das COMPTON-MORSEsche Ökonomiepostulat eine so wesentliche Förderung erfahren hat. Neu aufgenommen sind ferner Abschnitte über chemische Wirkungen von Entladungen, Lichtemission und Energiebilanz der positiven Säule, gesteuerte Entladungen, Materialtransport im Lichtbogen u. a. Die Theorie der Sonden ist ihrer allgemeineren Bedeutung entsprechend im Zusammenhang mit anderen „Wandeffekten" recht ausführlich behandelt.

Literaturangaben sind wie in der ersten Auflage nicht im Text zu finden, sondern in einem besonderen Anhang zusammengestellt, auf den jeweils vom Text aus verwiesen wird. Dieser Anhang verdient wegen seiner ungemein reichhaltigen und kritisch bearbeiteten Bemerkungen teils literarischer, teils sachlicher Natur besondere Beachtung. Er verleiht dem sonst ganz als Lehrbuch angelegten Werke eine handbuchartige Note, die besonders von denjenigen als angenehm empfunden werden wird, die selbst auf dem Gebiete der Gasentladungen arbeiten.

G. MIERDEL, Berlin-Siemensstadt.

DIXON, M., **Manometric Methods as applied to the measurement of cell respiration and other processes.** Mit einem Vorwort von SIR F. G. HOPKINS. Cam-

bridge: At the University Press 1934. XII, 122 S. und 19 Abbild. 12 cm × 19 cm. Preis 5 sh.

Bekanntlich ist die Papierflut, die die Wissenschaft zu ersticken droht, ein sehr akutes Problem, und so wird man einem neu erscheinenden Buche heutzutage weniger denn je die Existenzberechtigung zusprechen, wenn es sich nicht um etwas wirklich Hervorragendes handelt, dessen Erscheinen von vielen Seiten begrüßt werden wird. Auch im vorliegenden Falle könnte man wohl leicht zu einer Ablehnung gelangen, da die manometrischen Methoden außer in der verstreuten Originalliteratur bereits in drei sich ergänzenden größeren Zusammenfassungen in Handbüchern (KREBS 1929, KREBS 1933, und DICKENS und ŠIMER, 1933) erschienen sind. Diese Bedenken schwinden aber beim Lesen der präzisen und verständlichen Ausführungen des Autors, die dem Kenner eine erwünschte Zusammenstellung der bewährten manometrischen Methoden, dem Erlerner eine vorzügliche Anleitung sein werden.

Wie auch SIR FREDERICK G. HOPKINS in seinem Vorwort zum Ausdruck bringt, hat hier ein berufener, mit der Materie wie nur wenige vertrauter Forscher die erprobten Methoden festgehalten. Der Autor hat sich, wie es heißt, persönlich von den Vor- und Nachteilen der einzelnen Methoden überzeugt, bevor er sie in sein Buch aufnahm; die jahrelangen Erfahrungen DIXONS verbürgen ein zuverlässiges Urteil. — In sachlicher Weise werden die besonderen Eignungszwecke der verschiedenen Manometer- und Gefäßkonstruktionen[1] besprochen. Daß DIXON bei eigenen Versuchen generell das Differentialmanometer bevorzugt, beruht auf seiner langen Gewohnheit, mit dieser Anordnung zu arbeiten. Es wird aber außerdem betont, daß die Warburg-Barcroft-Manometer für die meisten Zwecke ebenfalls bestens bewährt sind.

Theorie und Praxis, beide etwas schwieriger, als es auf den ersten Blick wohl scheinen mag, werden gleichmäßig berücksichtigt. Zu den Schüttelvorrichtungen wäre vielleicht noch hinzuzufügen die Anordnung von WARBURG [vgl. z. B. Z. physik. Chem. **102**, 243 (1922)] zur rotierenden Schüttelung besonders des Differentialmanometers, wobei sehr genaues Ablesen des Manometerstandes ohne Unterbrechung des Schüttelns mit dem Kathetometer möglich ist.

Das Buch ist für den Handgebrauch im Laboratorium bestimmt. Sehr angenehm wird sich dabei die Ausstattung des Buches, besonders das feste Papier, bemerkbar machen. Einige Tabellen, z. B. die Wasserdampfdrucke bei den in Frage kommenden Temperaturen, werden bei der experimentellen Arbeit ebenfalls als sehr zweckmäßig empfunden werden.

ALBERT REID, Darmstadt.

RICHTER, HUGO, **Rohrhydraulik.** Allgemeine Grundlagen, Forschung, praktische Berechnung und Ausführung von Rohrleitungen. Berlin: Julius Springer 1933. IX, 256 S., 192 Abb. u. 44 Zahlent. 16 cm × 24 cm. Preis geb. RM 22.50.

Die Untersuchung von Strömungsvorgängen in Rohren ist in den letzten 15 Jahren theoretisch sowohl als auch experimentell außerordentlich intensiv betrieben worden, und es kann mit Befriedigung festgestellt werden, daß eine Reihe sehr beachtenswerter Ergebnisse erzielt worden sind, die unsere Kenntnisse über die hier herrschenden Gesetzmäßigkeiten wesentlich vertieft haben. Der Verfasser hatte es sich zur Aufgabe gemacht, die für die technische Hydraulik besonders wichtigen Arbeiten, die in zahlreichen Veröffentlichungen verstreut sind, zu einem Gesamtwerk zusammenzufassen. Diese Aufgabe ist dem Verfasser gut gelungen, und es ist besonders hervorzuheben, daß hier in geschickter Weise technische Hydraulik und mathematische Hydrodynamik, die früher getrennte Wege zu gehen pflegten, harmonisch verschmolzen wurden.

Im 1. Abschnitt werden die physikalischen Grundlagen der Flüssigkeitsströmungen (Kontinuitätsgesetz, Energiesätze, mechanische Ähnlichkeit von Strömungsvorgängen usw.) behandelt. Eine große Anzahl von Zahlentafeln mit den Zähigkeitswerten verschiedener Substanzen und ihre Temperaturabhängigkeit werden hier mitgeteilt. Der 2. Abschnitt behandelt sehr eingehend die Gesetzmäßigkeiten der Strömung in geraden Rohren (laminare Strömung, turbulente Strömung, Einfluß der Wandrauhigkeit usw.), wobei neben der Wiedergabe von zahlreichen Versuchsergebnissen auch die Fortschritte gewürdigt werden, die durch die theoretischen Ansätze von PRANDTL und v. KÁRMÁN in der allerjüngsten Zeit erzielt worden sind. Neben den geraden Rohren mit gleichbleibendem Querschnitt wird auch auf Rohre mit veränderlichem Querschnitt und schließlich auf die Strömungen in gekrümmten Rohren, Abzweigungen usw. eingegangen. Der 3. Abschnitt dient der unmittelbaren praktischen Anwendung und bringt eine Auswahl von Formeln zur praktischen Berechnung von Strömungsfällen sowie eine Reihe von Rechenbeispielen.

Das Buch ist nicht nur dem Ingenieur zu empfehlen, der sich beruflich mit der hydraulischen Berechnung von Rohrleitungen zu befassen hat, sondern dürfte auch denjenigen von Nutzen sein, die sich in das Gebiet der Rohrhydraulik einarbeiten wollen.

C. WIESELSBERGER, Aachen.

[1] Da in dem vorliegenden Buche für die englischen Leser die englischen Glasbläser mit Namen genannt sind, die Erfahrung in der Anfertigung dieser Apparate haben, sei hier die Bemerkung gestattet, daß auch deutsche Glasbläser, z. B. HANFF und BUEST, Berlin, die meisten der erwähnten Apparate bereits herstellen und in der Lage sind, Spezialkonstruktionen nach Skizze zuverlässig anzufertigen.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Beeinflussung der Atmung des Fliegers durch physikalische und technische Bedingungen. Für die Höhenluftfahrt bestehen physiologische Grenzen des menschlichen Organismus, die nicht überschreitbar sind und die auf die Konstruktion von Luftfahrzeugen entscheidend einwirken. Diese Grenzen werden bestimmt durch die Atemtechnik infolge des Sauerstoffmangels in großen Höhen und durch die auftretenden senkrechten und radialen Beschleunigungen.

Die ohne künstliche Sauerstoffzufuhr erreichbaren Höhengrenzen unterliegen individuellen Schwankungen. Von 12 km Höhe an beginnt der Gefahrenbereich. Mit reiner Sauerstoffatmung soll bereits bei 10 km Höhe begonnen werden. Bei einer Höhe von etwa 14 km, entsprechend rd. 135 mm Hg, tritt Bewußtlosigkeit auch bei Atmung reinen Sauerstoffes ein. Die Grenze der Wirksamkeit von Sauerstoffatmungsgeräten endet also bei 14 km Höhe. Über die Anwendung der künstlichen Sauerstoffzufuhr und ihre Gefahren, wie über die Folgen des Sauerstoffhungers und die Einwirkung der Beschleunigungskräfte unterrichtet in eingehender Weise E. GILLERT in Luftfahrtforsch. **10**, Nr 3.

Die Sauerstoffatmung in großen Höhen führt zu geistigen und körperlichen Störungen, die auch nach der Landung noch viele Stunden anhalten. Bei längerer Sauerstoffatmung trocknen die Mundschleimhäute und der Kehlkopf aus, was zur Stimmlosigkeit führen kann; schließlich vermag eine Lungenentzündung den Tod herbeizuführen. Wie lange ein Höhenflieger die Sauerstoffatmung fortsetzen darf, ist noch unbekannt. Bei Sauerstoffhunger tritt eine Vergrößerung des Herzens ein. Die Beschleunigungseinflüsse sind in verschiedenen Flughöhen verschieden groß. Durch die Abnahme des Atmungsdruckes nimmt das Blutvolumen in den Lungen stark zu. Die Steigerung der Pulsfrequenz und die Zunahme des Schlagvolumens des erweiterten Herzens führen ebenfalls zu einer stärkeren Durchblutung der Lunge. Die damit verbundene Gewichtszunahme erhöht die Beeinflußbarkeit durch Beschleunigungskräfte, wodurch eine mechanische Einschränkung der Lungenventilation entsteht. Auch die Dilatation des Herzens und die Ausdehnung des Gasinhaltes der Bauchhöhle schränken den Exkursionsraum der Lunge ein. Von größter Wichtigkeit ist es deshalb, die Lunge zu schonen, dadurch, daß man dem Körper keine ermüdende Arbeit durch die Steuerung des Flugzeuges, die Bedienung des Motors und der Apparate und das Ablesen der Instrumente zumutet. Schon das Stehen, z. B. im Ballonkorb, ist eine solche Arbeit. In 2100 m Höhe leistet der stehende Mensch gegenüber dem sitzenden eine Arbeit, welche den Puls ebenso beschleunigt wie das fünfmalige Besteigen eines Stuhles innerhalb 15 Sekunden in Meereshöhe. Deshalb beträgt der Höhenrekord von bemannten Ballons mit offener Gondel nur 10,5 km (Berson und Süring), jener im Flugzeug mit bequemer Sitzlage dagegen 13,157 km (Champion 1930). Größtmögliche Bequemlichkeit im Flugzeug ist kein Luxus, sondern liegt vielmehr im Interesse der Atmungsersparnis und damit der Steigerung der Leistungsfähigkeit des Fliegers, ist also ein Gebot dringender Notwendigkeit. Die Atmung wird erleichtert, und die Beschleunigungskräfte werden besser ertragen, wenn der Flieger eine mehr liegende Haltung einnimmt. Wichtig ist, daß sowohl die hydrostatischen Druckunterschiede zwischen den einzelnen Körperteilen klein werden als auch, daß die auf alle Körperbezirke einwirkenden Beschleunigungen annähernd gleich groß sind. Je größer beim Kurvennehmen der Unterschied zwischen dem Radius: Drehpunkt = Füße und dem Radius: Drehpunkt = Kopf ist, desto mehr wirkt sich die Radialbeschleunigung auf den gesamten Organismus aus. Auch bei senkrechter Steig- oder Fallbeschleunigung können Ödeme in Kopf oder den Füßen auftreten. Rein horizontale Lage des Fliegers ist in der Gondel natürlich nicht erreichbar; der Winkel zwischen Oberschenkel und Rumpf soll zur Ermöglichung der Ausdehnung des Zwerchfells und zur Angleichung der Beschleunigungskräfte jedoch nicht kleiner als etwa 120° sein. Eine besondere Schwierigkeit bietet die Wahl der Körperstellen, an welchen die Haltegurte anzugreifen haben. Die Atmungsbewegungen und andere Organfunktionen werden am wenigsten beeinträchtigt, wenn das Becken als Befestigungsstelle am Körper gewählt wird. Der Gurt verläuft am besten über die Leistenbeuge und wird am Sitz und an der Rückenlehne nahe dem Scheitelpunkt des Winkels zwischen beiden befestigt. L. Schneider.

Hundert Jahre Bayerisches Statistisches Landesamt (Heft 121 der Beiträge zur Statistik Bayerns). Mit dieser Festgabe hat das Bayerische Statistische Landesamt unter seinem derzeitigen verdienstvollen Präsidenten F. Zahn nicht nur einen wertvollen Beitrag zur historischen Statistik geliefert, sondern auch in anregender Form die vielfachen Funktionen und Leistungen der amtlichen Statistik in der Gegenwart behandelt, dabei auch die mannigfachen Beziehungen zur statistischen Theorie und ihrer Anwendung in anderen Wissensgebieten nicht vergessend. Berühmte Namen aus der Geschichte der Statistik wie F. B. Wilhelm Hermann und Georg von Mayr, die an der Spitze des Statistischen Landesamtes — neben ihrer Tätigkeit als Universitätsdozenten — lange Zeit gestanden haben, illustrieren diese Bedeutung. War Hermann (1839—1868) als mathematischer Statistiker besonders durch die frühzeitige Berechnung von Sterbetafeln für die bayerische Bevölkerung hervorgetreten, so erlangte sein unmittelbarer Nachfolger Georg Mayr (1869—1879), der danach als Unterstaatssekretär für die Rheinlande ganz in die Finanzverwaltung des Reiches übertrat, sich später aber wieder seinen wissenschaftlich-statistischen Arbeiten an der Münchener Universität bis zu seinem Tode (1925) widmete, als Organisator und Wegbereiter der Statistik bald internationalen Ruf. Berühmt sind seine Studien über die „Gesetzmäßigkeit im Gesellschaftsleben", in denen er auf Quetelets Spuren einer sozialen Physik weilte, freilich als Staatswissenschaftler und Soziologe längst nicht so schematisch an starre Naturgesetzlichkeiten anknüpfte. Lange Jahre stand er als Vizepräsident des Internationalen Statistischen Instituts dessen berühmten Tagungen vor. Nach einer Zeit der Einschränkung des statistischen Dienstes unter einer Reihe von Leitern, die auf anderen Gebieten als Verwaltungsfachleute hervorgetreten sind, als Statistiker kaum, setzte Friedrich Zahn, der auf Veranlassung des Staatsministers v. Brettreich 1907 an die Spitze des Statistischen Landesamtes gerufen wurde, dessen ruhmreiche Tradition fort. Immer mehr wurde erkannt, daß die Statistik keine trockene Papierwissenschaft ist, sondern daß der Staat über eine gute, wissenschaftlich durchgearbeitete Statistik verfügen muß, „wenn man die verschiedenen wirtschaftlichen und sozialen Bedürfnisse und Vorgänge unserer Zeit im Lande richtig beurteilen will". Mit dieser Unterstützung seitens der vorgeordneten Ministerialstellen konnte Zahn, der noch heute dem Landesamt als Präsident vorsteht, eine äußerst segensreiche Tätigkeit für die Entwicklung der bayerischen Statistik auf zahlreichen Gebieten entfalten. Manche Gebiete, wie etwa die Familienstatistik, die heute eine immer größere Bedeutung erhält, wurden hier unter dem nachmaligen Direktor im Statistischen Reichsamt, Burgdörfer, zum ersten Male in Angriff genommen, andere, wie die der Säuglingssterblichkeit, die in Bayern lange Zeit sehr hoch war, bis in die Jahre um 1880 fast ein Drittel, um die Wende des Jahrhunderts noch ein Viertel aller Neugeborenen vor Vollendung des ersten Lebensjahres dahinraffte, sehr eingehend analysiert. Im letzten Berichtsjahr (1931) fiel auch in Bayern nur noch ein Zehntel der Neugeborenen dem Sterben im ersten Lebensjahr zum Opfer. „Das kostbarste Gut des Staates ist das Volk, die Volkskraft." Nach diesem programmatischen Satz, der den Abschnitt über die Bevölkerungsstatistik einleitet, wurde die Statistik über das Bevölkerungswesen immer mehr verfeinert, aber auch den zahlreichen Aufgaben auf dem Gebiete der Wirtschafts-, Kultur- und Kriminalstatistik widmete das Landesamt unter Zahns rührigem Vorstand seine Aufmerksamkeit. Davon legen die einzelnen Abschnitte der Denkschrift, in denen die Arbeiten aus Vorkriegs- und Nachkriegszeit behandelt sind, beredtes Zeugnis ab.

Zu diesem reichhaltigen Text, der einen Überblick über die Entwicklung der amtlichen Statistik am Bilde

Bayerns gibt, dient gewissermaßen als Ergänzung das folgende Heft 122 der bayerischen Statistik „Bayern im Lichte seiner hundertjährigen Statistik", das zu den behandelten Gebieten das wichtigste Tabellenmaterial vom Beginn der bayerischen Statistik bis zur Gegenwart liefert und damit auch ein äußerst wertvolles Nachschlagewerk für historisch-statistische Studien ist.

Die Bewegung der Bevölkerung im Jahre 1930 mit vorläufigen Ergebnissen für das Jahr 1931. (Bearbeitet im Statistischen Reichsamt, Statistik des Deutschen Reiches, Band 423.) Wie in den vorangehenden Jahren, gibt auch dieses Quellenwerk des Statistischen Reichsamtes über die *Bevölkerungsbewegung* im Deutschen Reich wieder einen genauen Überblick über die Eheschließungen, Geburten und Sterbefälle nach Ländern und größeren Landesteilen (Provinzen) im Jahre 1930; in den textlichen Erläuterungen und den wertvollen Übersichtstabellen, die dem Vergleich mit früheren Jahren dienen, sind auch die Ergebnisse für 1931 schon herangezogen. Für die wissenschaftliche Einzelbearbeitung sind die damit vorliegenden Angaben naturgemäß als Quellen von größter Bedeutung; das Gesamtergebnis der Bevölkerungsbewegung ist durch anderweitige Veröffentlichungen bereits bekannt. In den einzelnen Textabschnitten und den beigefügten Texttabellen sind auch hier wieder zahlreiche aktuelle Fragen (Heiratshäufigkeit der Ledigen nach dem Alter; durchschnittliches Heiratsalter; Religionsgliederung der Eheschließenden; Monatsschwankungen der Eheschließungen, Geburten und Sterbefälle; Mehrlingsgeburten; Geschlechtsverhältnis usw.) behandelt und im Tabellenteil durch ausführliche Zahlenangaben nach einzelnen Landesteilen ergänzt worden. Außer diesem Teil über die Bevölkerungsbewegung hat für den Hygieniker noch der kurze Abschnitt über die *Heilanstaltsstatistik* im Deutschen Reich von 1927—1930, die mit dem Jahre 1931 eine grundlegende Neuordnung durch Fortfall der Morbiditätsstatistik erfährt, und sodann der ausführliche Abschnitt über die *Ursachen der Sterbefälle* im Deutschen Reich in den Jahren 1929 und 1930 besondere Bedeutung. Auch hier ist das Quellenmaterial nach einzelnen Landesteilen für vielerlei Untersuchungen unentbehrlich.

Besondere Beachtung verdient ein Anhang über die *gewaltsamen Sterbefälle* nach Alter und Geschlecht, der deutlich zwar einen gewissen Wiederanstieg des Selbstmordes in den Jahren der Wirtschaftskrise seit 1929 zeigt, gleichzeitig aber auch bei der feineren Trennung nach Altersklassen erkennen läßt, daß die Selbstmordhäufigkeit der Männer in allen Altersklassen (mit Ausnahme derjenigen von 15—30 Jahren) 1929 und 1930 *niedriger* war als in dem Vergleichsjahr 1913 der Vorkriegszeit. Wenn dennoch die rohe Gesamtsterbeziffer an Selbstmord (von 35,3 im Jahre 1913 auf 40,6 je 100000 Lebende im Jahre 1930) gestiegen ist, so beweist das wiederum, daß dieser Anstieg im wesentlichen eine Funktion der veränderten Altersbesetzung gewesen ist und keinen wirklichen Anstieg der Sterblichkeitsintensität darstellt. Hingegen ist beim weiblichen Geschlecht ein wirklicher Anstieg des Selbstmordes auch bei der Aufteilung nach einzelnen Altersklassen deutlich (nur in der jüngsten Altersklasse von 10—15 Jahren ist hier ein Rückgang der Selbstmordhäufigkeit zu verzeichnen. Damit ist bei beiden Geschlechtern ein Rückgang der Kinderselbstmorde eingetreten).

Sodann ist in diesem Bande der Statistik des Deutschen Reiches im Anhang noch ein genaues Verzeichnis der Krankheiten und Todesursachen mitgeteilt, wie es zur Aufstellung der deutschen Todesursachenstatistik, die nunmehr auf die internationale Todesursacheneinteilung umgestellt wird, erforderlich ist. Damit ist dieser Anhang, der ein ausführliches, ein mittleres und ein kurzes Verzeichnis (für die verschiedenen Zwecke der Veröffentlichung) und eine alphabetische Liste der Krankheitsbezeichnungen (mit den für die Eingliederung in Frage kommenden Nummern) enthält, für die Bedürfnisse der kommunal- und landesstatistischen Ämter, die die Aufbereitung der Totenscheine vorzunehmen haben, von besonderer Bedeutung.

G. Wolff.

Stromsysteme im elektrischen Bahnbetrieb. Bei den elektrischen Bahnen sind drei verschiedene Stromsysteme in Verwendung: Gleichstrom, Einphasen-Wechselstrom und Drehstrom. Der Drehstrombetrieb ist in größerem Umfang nur in Oberitalien eingeführt, wird aber im übrigen selbst in Italien zugunsten des Gleichstrombetriebes verlassen. Seine Nachteile sind die zweidrähtige Fahrleitung und die begrenzte Geschwindigkeitsregelung der Motoren. Von der gesamten Betriebslänge der elektrischen Bahnen der Welt machen die Drehstrombahnen nur 9%, vom jährlichen Energieverbrauch $7^1/_2$% aus. Es besteht die Möglichkeit, den Drehstrom zum Bahnbetrieb mittelbar zu verwenden durch Umwandlung in Einphasen-Wechselstrom mittels gittergesteuerter Quecksilberdampfgleichrichter, durch einphasige Belastung eines Drehstromnetzes oder durch Verwendung von Repulsionsmotoren oder des Kruppschen kollektorlosen Einphasenmotors mit Zwischenrotor. Der letztere kommt besonders für Werklokomotiven in Frage, die an ein industrielles Drehstromnetz mit 50 Hertz angeschlossen werden sollen. Mit Gleichstrom von 600—800 Volt werden hauptsächlich Stadtbahnen betrieben (New York, London, Buenos Aires, Berlin), mit Gleichstrom von 1500 und 3000 Volt auch Fernbahnen. Ein Versuch mit 5000 Volt, der in Nordamerika gemacht wurde, hatte ein günstiges Ergebnis. Der Gleichstrom ist in Frankreich, Spanien, England, Polen, Rußland, Indien, Nord- und Südamerika im Bahnbetrieb üblich, und zwar auf $41^1/_2$% der Betriebslänge der elektrischen Bahnen der Welt; vom Energieverbrauch entfallen 57% auf ihn. Die Fernbahnen sind daran allerdings nur mit 26 bzw. 25 Einheiten beteiligt. Der Bahnbetrieb mit Einphasen-Wechselstrom ist verbreitet im Deutschen Reich, in Österreich, Ungarn, Schweden, Norwegen, der Schweiz und zum Teil in den Vereinigten Staaten. Die Fahrdrahtspannung beträgt überwiegend 15000 Volt bei $16^2/_3$ Hertz, in Amerika auch 11000 Volt bei 25 Hertz. Das Einphasensystem nimmt unter den Fernbahnen sowohl hinsichtlich der Gleislänge ($49^1/_2$%) als auch des Energieverbrauches ($35^1/_2$%) den ersten Platz ein. Seine Vorteile liegen besonders in der Einfachheit der Fahrleitung, geringen Leitungsverlusten und im Wegfall rotierender Umformer in den Unterwerken. Die Bahnen benötigen im allgemeinen 8—10% der für sonstige Zwecke verbrauchten elektrischen Energie.

L. Schneider.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. Dr. Arnold Berliner, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.